

## СОДЕРЖАНИЕ

**Учредитель журнала:**  
ООО Рекламно-издательская  
фирма «Стройматериалы»

**Главный редактор  
издательства**  
РУБЛЕВСКАЯ М.Г.

Журнал зарегистрирован  
Министерством РФ по делам  
печати, телерадиовещания  
и средств массовой информации  
ПИ №77-1989

**Главный редактор**  
ЮМАШЕВА Е.И.

**Редакционный совет:**  
РЕСИН В.И.  
(председатель)

БАРИНОВА Л.С.  
БУТКЕВИЧ Г.Р.  
ВАЙСБЕРГ Л.А.  
ВЕРЕЩАГИН В.И.  
ГОРНОСТАЕВ А.В.  
ГРИДЧИН А.М.  
ГУДКОВ Ю.В.  
КОВАЛЬ С.В.  
КОЗИНА В.Л.  
ЛЕСОВИК В.С.  
ПИЧУГИН А.П.  
СИВОКОЗОВ В.С.  
УДАЧКИН И.Б.  
ФЕДОСОВ С.В.  
ФЕРРОНСКАЯ А.В.  
ФИЛИППОВ Е.В.  
ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

**Авторы**  
опубликованных материалов  
**несут ответственность**  
за достоверность приведенных  
сведений, точность данных  
по цитируемой литературе  
и за использование в статьях  
данных, не подлежащих  
открытой публикации

**Редакция**  
может опубликовать статьи  
в порядке обсуждения,  
не разделяя точку зрения автора

**Перепечатка**  
и воспроизведение статей,  
рекламных и иллюстративных  
материалов из нашего журнала  
возможны лишь с письменного  
разрешения главного редактора

**Редакция не несет ответственности**  
за содержание рекламы и объявлений

**Адрес редакции:**  
Россия, 117997, Москва,  
ул. Кржижановского, 13  
**Тел./факс: (495) 124-3296**  
**124-0900**  
**E-mail: mail@rifsm.ru**  
**http://www.rifsm.ru**

Журнал «Строительные материалы»® с отраслью всегда ..... 4

### История отрасли

К.В. МИХАЙЛОВ, Ю.С. ВОЛКОВ

**Сборный железобетон: история и перспективы** ..... 7

В статье кратко описана история становления подотрасли сборного железобетона в России, ее современное состояние. Дано сравнение применения сборного железобетона в строительстве в различных странах мира. Рассмотрены перспективы и основные направления развития подотрасли.

### Технологии и оборудование

С.Н. КУЧИХИН, А.М. КРОХИН

**Домостроительные комбинаты нового поколения для строительства каркасных сборно-монолитных зданий** ..... 10

Дается описание системы каркасного сборно-монолитного домостроения, разработанной ООО «Строймашпроект», а также домостроительных комбинатов нового поколения, оборудованные для которых изготавливает ЗАО «Вибропресс». Система позволяет возводить объекты различной функциональной направленности. Приведена схема Кировского ДСК и дан перечень его технологических линий и производственных участков.

О.Н. КРАШЕНИННИКОВ

**Теплоизоляционный вермикулитопенобетон для кровельных покрытий** ..... 13

В статье описан разработанный вермикулитопенобетон плотностью 350–400 кг/м<sup>3</sup> прочностью при сжатии не менее 0,15 МПа, предназначенный для утепления кровельных покрытий. Для получения вермикулитопенобетона использовался модифицированный пенообразователь ПО-6. Описана технология получения вермикулитопенобетонных блоков и конструкция покрытия.

В.М. ХРУЛЕВ, Г.Н. ШИБАЕВА, Е.Б. СОЛОМОНОВА, Н.А. НЕЛЮБИНА

**Легкий древесный бетон для стен малоэтажных домов** ..... 17

Описана технологическая схема и физико-технические свойства легкого теплоэффективного бетона на поризованном полимерсиликатном вяжущем с заполнителем из частиц гидролизованного лигнина и древесных опилок. Изделия из предлагаемого материала могут быть изготовлены в виде блоков и плит плотностью 450 кг/м<sup>3</sup> и прочностью не менее 0,87 МПа. Для возведения стен предлагается клеящий состав, близкий по теплопроводности к стеновому материалу.

### Материалы и конструкции

Ю.А. МАТРОСОВ, В.Н. ЯРМАКОВСКИЙ

**Энергетическая эффективность зданий при комплексном использовании модифицированных легких бетонов** ..... 19

Новый российский СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» установил нормируемые показатели энергетической эффективности зданий. Одним из путей достижения этих показателей при проектировании зданий является применение новых теплоизоляционных материалов при создании ограждающих конструкций как однослойных, так и многослойных. За последнее десятилетие легкие и особо легкие теплоизоляционные бетоны вышли из стадии исследований, прошли апробацию в реальном строительстве и получили распространение. В статье излагаются основные критерии тепловой защиты согласно СНиП, преимущества при применении легких и особо легких бетонов и конструктивные решения ограждающих конструкций с применением этих материалов.

Б.М. РУМЯНЦЕВ, А.А. ФЕДУЛОВ

**Перспективы применения гипсовых материалов в высотном строительстве** .. 22

В статье приводятся основные характеристики перегородок, подвесных потолков, изготовленных из гипсовых материалов КНАУФ, узлы сопряжения перегородок и стены, схемы крепления подвесных потолков КНАУФ для высотных и сейсмически устойчивых зданий.

А.Г. ЧУДАЕВ, Д.Н. МАЦКЕВИЧ

**Промышленные полы по технологии MASTERTOP® для предприятий по переработке ТБО** ..... 26

Представлена технология устройства промышленных полов с упрочненным верхним слоем, или топпингом. Технология состоит в том, что в верхний слой свежесушеного бетона втирается материал из серии MASTERTOP®. Его применение повышает прочность бетона при сжатии и изгибе, ударостойкость, износостойкость, обеспыливает и улучшает внешний вид бетонного пола.

В.А. УТКИН, Т.А. ШИШОВА, П.Н. КОБЗЕВ, Н.Е. РЫЧИЛОВ

**О применении древесины для строительства мостов нового поколения в Омской области** ..... 28

В статье приведены примеры применения древесины на современном этапе в отечественном и зарубежном мостостроении. В качестве новых конструкций пролетных строений из древесины представлены конструкции из дощато-гвоздевых блоков и составных прогонов для пролетов 12–18 м, внедренные на мостах в лесных районах Омской области. Рассмотрены пути применения клееной древесины как одного из прогрессивных материалов для транспортного и гражданского строительства. Также сделан акцент на необходимость строительства технологических линий по изготовлению клееной древесины.

### Результаты научных исследований

Р.Б. ЕРГЕШЕВ, А.А. РОДИОНОВА, В.А. ЮГАЙ, А.В. КАН, В.А. ГЛАГОЛЕВ

**Роль межпоровых перегородок как структурообразующего элемента порогипсобетона** ..... 30

Исследована структура межпоровых перегородок в системе ортофосфорная кислота – гипс. Показано, что структура и конфигурация межпоровых перегородок (толщина, протяженность, однородность) играют основную роль в формировании прочного порогипсобетона. Чем однороднее по толщине межпоровые перегородки, тем равномернее в них распределены микропоры, тем прочнее порогипсобетон.

Н.Р. МУСТАФИН, Г.Д. АШМАРИН

**Клинкерная керамика на основе кремнеземистого сырья и техногенных отходов** ..... 32

В статье приведены результаты исследования химического, минералогического, гранулометрического составов глинистого сырья и промышленных отходов, содержащих  $Al_2O_3$  для производства клинкерной керамики. Изготовлены экспериментальные образцы пластического формования, имеющие различное соотношение компонентов, и исследованы их свойства. Показана возможность производства клинкерной керамики на основе некондиционного глинистого сырья и промышленных отходов.

Л.А. УРХАНОВА, А.Э. СОДНОМОВ, Н.Н. КОСТРОМИН

**Пути повышения эффективности строительных материалов на основе активированных вяжущих веществ** ..... 34

Приведены результаты экспериментальных исследований свойств разработанного механоактивированного известково-перлитового вяжущего. Для улучшения физико-технических свойств вяжущего вводились добавки ПАВ (ЛСТ, С-3 и др.) и двуводный сульфат кальция. На основе разработанного вяжущего были получены легкие бетоны, тяжелый бетон, ячеистый бетон, силикатный кирпич безавтоклавного твердения.

А.П. ПРОШИН, В.И. ЛОГАНИНА, А.М. ДАНИЛОВ,  
И.А. ГАРЬКИНА, И.С. ВЕЛИКАНОВА

**Новые отделочные сухие смеси** ..... 38

Определены закономерности формирования структуры и свойств отделочных сухих смесей на основе местного доломита, извести и добавок. Приводится рецептура.

О.А. КОКОВИН, В.А. РОМАХИН

**К вопросу о росте сырцово-прочности в пенобетонных массивах** ..... 41

Дано описание методики исследования параметров твердения пенобетона по объему массивов на стадии их вызревания перед разрезкой на изделия. Приведены краткие сведения о результатах измерений температуры, пластической прочности и влажности, проведенных во ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова на массивах-моделях твердеющих в условиях теплоотдачи в окружающую среду. Проведен анализ взаимосвязи температуры и пластической прочности. Отмечена роль влагопереноса на снижение скорости гидратации на участках массива с пониженной температурой и замедления роста пластической прочности.

М. СИНИЦА, А. А. ЛАУКАЙТИС

**Долговечность защитного слоя композиционных изделий из пенобетона** ..... 44

Изучена возможность покрытия лицевой поверхности пенобетона плотностью 800 кг/м<sup>3</sup> методом посыпки и покраски. Изучена структура контактного слоя и морозостойкость покрытий из белого портландцемента, кварцевого песка с крупностью частиц 0,63–1,25 мм и красок на основе поташ-силикатных и акриловых составляющих. Показано, что после 100 циклов попеременного замораживания-оттаивания наиболее устойчивым покрытием является посыпка из белого портландцемента (изменений в покрытии не обнаружено), красочные покрытия разрушались на 2–3% от площади поверхности, а мелкозернистая посыпка кварцевым песком разрушилась до 15%.

Э.Р. СУБХАНКУЛОВА, В.В. КОНДРАТЬЕВ, Н.Н. МОРОЗОВА, В.Г. ХОЗИН

**Трещинообразование пенобетона плотностью 200 кг/м<sup>3</sup>** ..... 46

Приведены результаты исследования развития усадочных деформаций и водопоглощения пенобетона плотностью 200 кг/м<sup>3</sup> при разных сроках и условиях твердения материала. Авторы связывают полученные результаты с трещиностойкостью пенобетона.

А.А. ВИШНЕВСКИЙ

**Новые возможности ускорения процесса получения жидкого стекла при атмосферном давлении** ..... 48

Приводятся результаты исследования влияния механической активации щелочных силикатов (силикат-глыбы) на их растворимость в воде. Рассмотрен новый способ получения жидкого стекла, включающий предварительную механическую активацию щелочных силикатов с последующим их растворением при атмосферном давлении.

М. А. ЗАВЬЯЛОВ, А. М. ЗАВЬЯЛОВ

**Алгоритм определения термодинамических потенциалов дорожной одежды** ..... 50

В статье описана разработанная авторами методика и приведен алгоритм, позволяющие осуществлять аналитический мониторинг уровня термодинамических потенциалов материала дорожной одежды. Это дает возможность обоснованно назначать сроки ремонтных работ.

Т.Н. ЧЕРНЫХ, Л.Я. КРАМАР, Б.Я. ТРОФИМОВ

**Свойства магнезиального вяжущего из бруситовой породы и их взаимосвязь с размерами кристаллов периклаза** ..... 52

Установлено, что не склонное к трещинообразованию при твердении магнезиальное вяжущее получают из бруситовой породы обжигом при температуре 1100°C. При этом образуются кристаллы периклаза оптимального размера 38–43 нм.

Л.Я. КРАМАР

**О требованиях стандарта к магнезиальному вяжущему строительного назначения** ..... 54

Проведен анализ требований, предъявляемых в разных странах к магнезиальному вяжущему строительного назначения, и опыта его использования. Выявлены наиболее значимые показатели качества магнезиального вяжущего, которые предлагается ввести дополнительно в состав технических требований действующего ГОСТ 1216–87. Предлагаемые изменения стандарта решают проблемы качества изделий из магнезиальных вяжущих.

**Полимеры в материалах и конструкциях**

И.Л. МАЙЗЕЛЬ, Г.В. БУЛЫГИН

**Применение предизолированных пенополиуретаном труб для теплоснабжения** ..... 57

Проанализированы причины недолговечности традиционно применяемой канальной прокладки труб, в том числе с изоляцией изделиями из минеральной ваты. Обоснована необходимость применения индустриальных конструкций трубопроводов с пенополиуретановой изоляцией. Приведен перечень нормативной документации для массового и качественного применения трубопроводов с ППУ-изоляцией.

В.Ю. ЧУХЛАНОВ, А.В. СИНЯВИН

**Модифицированные теплоизоляционные материалы на основе пенополиуретана** ..... 60

С целью повышения эксплуатационных характеристик пенополиуретановой теплоизоляции промышленную композицию для ее получения (компонент А на основе Лапрола-373, компонент Б – полиизоцианат ПМ-200) модифицировали полиметилфенилсилоксановой смолой. Показано, что модифицированная пенополиуретановая теплоизоляция отличается пониженным водопоглощением, повышенной теплостойкостью, атмосферостойкостью, лучшей огнестойкостью. При этом модификатор не влияет на плотность изделий.

В.А. МХИТАРЯН

**Отечественное оборудование низкого давления для заливки пенополиуретана** ..... 62

НПФ «Новые Строительные Технологии» разработаны установка и технология получения изделий массой до 9,6 кг из пенополиуретана методом заливки в форму при низком давлении. Наиболее распространенная продукция, получаемая по данной технологии, – цилиндры (скорлупы) для теплоизоляции участков труб для подземной и канальной прокладки трубопроводов. Другой вид популярной продукции – декоративная лепнина. Указанные разработки содействовали заметному подъему рынка пенополиуретана в России.

Я.И. ЗЕЛЬМАНОВИЧ

**Рынок битумных и битумно-полимерных материалов: итоги и перспективы** ..... 64

В статье приведены результаты системного исследования рынка битуминозных рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов в России, тенденции и пути его развития. Исследования включают анализ вторичной информации, статистических данных, результаты анкетирования предприятий-изготовителей. Выявлены крупнейшие регионы-потребители, предприятия-изготовители. Проведена оценка потребности в кровельных битуминозных материалах.

**Информация****Российская неделя сухих строительных смесей – 2005: новые темы в обсуждении профессионалов** ..... 67

Представлен обзор Российской недели сухих строительных смесей, проводившейся АНТЦ «АЛИТ» 22–24 ноября 2005 г. Неделя объединила комплекс мероприятий, тематика которых напрямую связана с производством и применением ССС.

**Начинающему автору****С чего начать** ..... 70**Информация****Деревянное домостроение–2005** ..... 72

Представлен обзор 3-й Международной специализированной выставки «Деревянное домостроение / Holzhaus-2005», организованной выставочным холдингом MVK, которая прошла в Москве в Культурно-выставочном центре «Сокольники» с 7 по 11 декабря 2005 г.

# Журнал «Строительные материалы»® с отраслью всегда

Наступил пятьдесят первый год выхода в свет научно-технического и производственного журнала «Строительные материалы»®. Прошедшие полвека были периодом становления в первые годы издания, развития вместе с промышленностью строительных материалов и стройиндустрии в годы плановой экономики, суровых испытаний в начале социально-экономических преобразований нашего общества и нового подъема в настоящее время.

Являясь неотъемлемой частью материальной базы строительства, журнал объективно и своевременно отражает происходящие в ней перемены. На его страницах читатели находят не только победные реликвии, но и раскрытие проблем развития отрасли. Ученые, работающие в области строительного материаловедения, представляют в журнале свои исследования, результаты многих из них впоследствии внедряются в промышленность. Аналитические редакционные материалы многие годы представляют различные научные и выставочные мероприятия.

Юбилейный год издания, как и предыдущие годы, был насыщенным, интересным и напряженным. Наряду с традиционными **редакция реализовала юбилейные информационные проекты, посвященные истории отрасли и видным ученым**, без которых в настоящее время невозможно представить отраслевую науку.

В течение года были опубликованы статьи об истории развития цементной промышленности России, горной подотрасли промышленности строительных материалов, асбестоцементной промышленности, промышленности ячеистого бетона. Читатели познакомились с историей отдельных предприятий, которая поучительна и является отражением и неотделимой частью истории всей отрасли. Это завод «Клинстройдеталь», отметивший в 2005 г. 120-летие, Ревдинский кирпичный завод – 70-летие, Воронежский комбинат строительных материалов – 50-летие. В №11, 2005 г., было отмечено 50-летие создания и развития технологии получения вспученного перлита и перлитовых материалов.

Редакция и наши читатели отдали дань уважения таким крупным ученым, как Петр Петрович Будников, основатель отечественной силикатной науки и первый главный редактор журнала «Строительные материалы»®, Петр Александрович Ребиндер, Павел Николаевич Соколов, Николай Анатольевич Попов, Борис Григорьевич Скрамтаев,

Вера Севастьяновна Фадеева, Израиль Борисович Шлаин, Виталий Анатольевич Вознесенский.

Исторические информационные проекты реализовывались параллельно с традиционной работой редакции по созданию тематических номеров и подборок, участием в научных конференциях, симпозиумах, семинарах, отраслевых выставках как в России, так и за рубежом.

Главным событием прошедшего года не только по мнению сотрудников редакции, но и многих наших авторов и читателей, стало **проведение читательской межрегиональной научно-технической конференции «Журнал «Строительные материалы»® – 50 лет с отраслью»**, которая состоялась в Новосибирске в феврале 2005 г. в рамках деловой программы выставки «Стройсиб». В подготовке этого масштабного мероприятия принимали участие члены Российской академии естественных наук, сотрудники Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета и Новосибирского государственного аграрного университета, Сибирского НИИ строительных материалов. Среди более чем ста участников конференции было 40 докторов и кандидатов наук, десять заведующих кафедрами строительных университетов и академий Новосибирска, Томска, Омска, Барнаула, Красноярска, Республик Тыва и Хакасия. Отметим, что на этом со-



В 2005 г. была возобновлена практика проведения читательских конференций, первой из которых стала межрегиональная научно-техническая конференция «Журнал «Строительные материалы»® – 50 лет с отраслью», которая состоялась в Новосибирске

лидном научном форуме ученые не только выступали с докладами по различным вопросам строительного материаловедения, но также высказывали мнения о современном уровне журнала, его позиции на отраслевом информационном поле, вносили конструктивные предложения по расширению тематики.

Другим крупным проектом, организатором которого была редакция журнала, является **III Международная научно-техническая конференция «Развитие керамической промышленности России» – КЕРАМТЭК-2005**. В ее работе приняли участие более 130 руководителей предприятий отрасли, специалистов ведущих отраслевых научно-исследовательских и проектных институтов, машиностроительных и инженеринговых компа-



ний из 32 регионов России и восьми зарубежных стран. Важным событием прошедшей конференции стал выезд ее участников на одно из ведущих предприятий керамической промышленности страны ОАО «Стройполимеркерамика».

Всего в 2005 г. сотрудники редакции приняли участие в 16 научных мероприятиях, важнейшим из которых являлась *годовая сессия Российской академии архитектуры и строительных наук*, состоявшаяся в мае в Воронеже. Главной темой ее научной части стало «Непрерывное архитектурно-строительное образование как фактор обеспечения качества среды жизнедеятельности». Эта тема вызвала бурные дебаты, разносторонние суждения и прогнозы. В результате работы на этом мероприятии стал информационный материал, вызвавший живые отклики наших читателей.

Организаторы многих научных мероприятий предоставили редакции возможность выступить с докладом, посвященным юбилею журнала «Строительные материалы»®. С особым интересом встретили эту информацию участники зарубежных мероприятий: VI Международной конференции «Инженерия окружающей среды» (Литва) и Международной научно-практической конференции «Производство и применение перлита. Опыт, технологии перспективы» (Украина). Знаком уважения и признания журнала зарубежными учеными стала для нас возможность выступить с докладом на техническом дне RILEM, который состоялся в рамках II Международной конференции по бетону и железобетону, состоявшейся в сентябре в Москве.

Выставочная деятельность была в 2005 г. одним из важнейших направлений. Ведь именно отраслевые выставки в настоящее время являются главным инструментом современного маркетинга. Эта работа позволяет редакции не только представлять группу журналов «Строительные материалы», привлекать новых рекламодателей, но что самое главное, общаться с читательской аудиторией, встречаться с авторами, определять новые тематические направления. В прошедшем году празднично украшенный стенд журнала «Строительные материалы»® был представлен на 12 специализированных строительных выставках. На всех этих мероприятиях работа журнала была отмечена медалями, грамотами и дипломами.

Заметным событием *прошедшего выставочного года стало проведение в рамках Российской строительной недели «Мосбилд-2005» торжественного мероприятия, посвященного 10-летию стратегического сотруд-*

*ничества журнала с крупнейшим инвестором в строительную отрасль России германской фирмой КНАУФ.* Член Правления международной группы КНАУФ известный и авторитетный за рубежом и в России бизнесмен доктор Х. Гамм в своем выступлении назвал журнал «Строительные материалы»® одним из немногих читаемых и уважаемых специализированных изданий.

Эту высокую оценку издания и работы редакции мы приняли с большой благодарностью и считаем заслуженной. Действительно, материалы для каждого номера группы журналов «Строительные материалы»® отбираются очень тщательно. Они проходят всестороннюю оценку, в чем редакции помогают члены редакционного совета, рецензенты, научные консультанты. На основании обратной связи с читателями, учитывая интересы отрасли и информационные запросы рынка, редакция готовит тематические номера и подборки, активно привлекая широкий круг специалистов и экспертов.

*Наиболее актуальной темой прошедшего года является современное бетоноведение.*

Два тематических номера и подборка (№№1, 5, 12, 2005 г.) были посвящены научным исследованиям в области ячеистого бетона, разработке нового оборудования, внедрению новых технологий.

В №6 представлена подборка материалов по монолитному строительству, №8 был выпущен к проведению II Международной конференции по бетону и железобетону.

Не менее популярными и актуальными продолжают оставаться материалы о технологии сухих строительных смесей. Этой теме был посвящен тематический номер и подборка (№№4, 9, 2005 г.).

С этим тематическим направлением, бывшим безусловным фаворитом прошлых лет, успешно конкурируют материаловедение и технологии в области строительной керамики. Тематический номер (№2, 2005 г.), выпускаемый к проведению конференции КЕРАМТЭКС, стал традиционным. Кроме того, строительной керамике были посвящены подборки статей в №№9, 11, 2005 г.

Создание ассоциации «Недра» способствовало усилению тематики нерудных строительных материалов, что нашло отражение в тематических подборках, опубликованных в №№4, 10, 2005 г.

В течение многих лет одной из наиболее актуальных тем в журнале является промышленная экология. Вопросы разработки материалов на основе крупнотоннажных отходов различных отраслей промышленности, исследо-



Участие во II Международной конференции по бетону и железобетону – это прекрасная возможность общения с признанными корифеями науки. Главный редактор Е.И. Юмашева с академиком РААСН, доктором техн. наук Ю.М. Баженовым (слева) и лауреатом Государственной премии Украины, доктором техн. наук В.А. Ушеровым-Маршаком



Грамоту журналу «Строительные материалы»® от Научно-исследовательского института строительных материалов и изделий (НИИ-СМИ, Киев) вручает заместитель директора по научной работе Ю.Н. Червяков



В рамках выставки «Уралстройиндустрия» редакции было вручено поздравление от строительного комплекса Республики Башкортостан



Для гостей торжественного вечера, посвященного 50-летию журнала «Строительные материалы»®, поет народная артистка России, профессор Московского государственного университета культуры и искусств А.И. Стрельченко

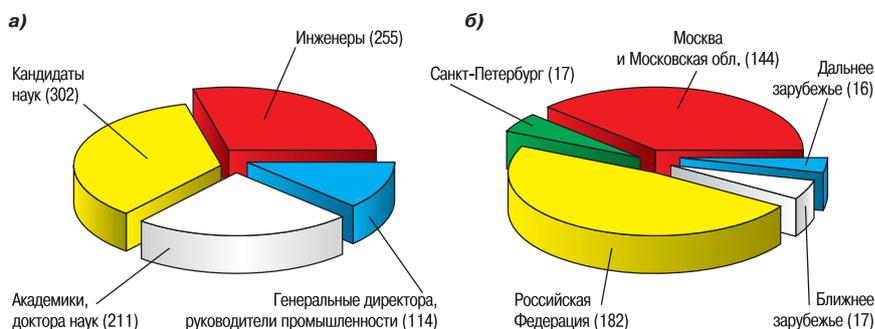


Знак «Благодарность» министра строительства правительства Московской области вручает начальник научно-технического управления Министерства строительства В.П. Абарыков

ванию свойств таких материалов была посвящена подборка в №7, 2005 г.

Дважды в прошедшем году довели нам вузы публикацию работ, приуроченных к памятным датам. В №10, 2005 г., выступали ученые Сибирской автомобильно-дорожной академии (СибАДИ) в связи с 75-летием, в №11, 2005 г., – сотрудники кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций Казанской архитектурно-строительной академии в связи с 20-летием организации кафедр.

Статистический и структурный анализ номеров, вышедших в 2005 г., показывает, что в выбранных направ-



Структура публикаций в журнале «Строительные материалы»® за 2005 г.: а – авторский состав; б – география

лениях журнал развивается динамично. Его объем с учетом приложений составил более 1 тыс. страниц, что на 20% больше заявленного в подписных каталогах. Было опубликовано более 380 материалов, из них 11,5% составляют обзоры различных мероприятий, около 8,5% – рекламные статьи, 7,3% – исторические, юбилейные и информационные материалы. Статьи о результатах научных исследований, производственном опыте, аналитического характера составляют более 70%. Изменения в структуре рекламы убедительно свидетельствуют о развитии отечественной промышленности. Российские рекламодатели лидируют не только по числу, но и по объему рекламных модулей.

Завершило юбилейные проекты издательства торжественное мероприятие, которое состоялось в Центральном доме журналистов. Поздравить редакцию приехали наши партнеры из многих городов России. Кроме традиционных в таких случаях теплых слов поздравлений с вручением подарков и сувениров редакция получила благодарность министра строительства правительства Московской области за большой вклад в пропаганду достижений строительной отрасли, почетную грамоту вице-губернатора Санкт-Петербурга за большой вклад в формирование открытой инвестиционной политики, диплом Союза журналистов Москвы за большой вклад в развитие отечественной отраслевой журналистики.



Специалисты керамических предприятий ЗАО «Победа ЛСР» (Санкт-Петербург) по опыту знают, что неотъемлемой составляющей успеха является информация, своевременно полученная из журнала «Строительные материалы»®

Подводя итоги 50-го года издания научно-технического и производственного журнала «Строительные материалы»®, без ложной скромности можно заключить, что он в настоящее время интересен не только «зубрам», но и молодым специалистам, стал объемнее, но не за счет рекламных публикаций, имеет множество наград, но менять принятый деловой курс не собирается. Он не первый год в роли «локомотива» отечественной научно-технической информации тянет за собой состав «вагонов», но движется вперед без усталости с завидной скоростью. Действительно, наши года – наше богатство, которое мы обращаем на пользу наших читателей.

**Мы желаем всем нашим коллегам, читателям, авторам, рекламодателям здоровья и добра. Пусть 2006 год принесет вам удачу во всем. Оставайтесь с нами.**

Редакция

К.В. МИХАЙЛОВ, д-р техн. наук, почетный член РААСН,  
Ю.С. ВОЛКОВ, канд. техн. наук, советник РААСН, НИИЖБ (Москва)

## Сборный железобетон: история и перспективы

Началом бурного развития сборного железобетона в СССР послужило постановление ЦК КПСС и Совета министров СССР «О развитии производства сборных железобетонных конструкций и деталей для строительства».

Для информационного обеспечения развития этой отрасли стройиндустрии было организовано издание журналов «Строительные материалы», «Бетон и железобетон» и др.

Однако первый дом из сборного железобетона в России был построен еще в 1930 г. в Москве. У истоков инженерного решения первого дома из сборного железобетона стояли выдающиеся российские инженеры А.Ф. Лолейт, Е.В. Костырко, А.А. Гвоздев. Для реализации задач, поставленных правительством, стали выделяться значительные средства на научное сопровождение этой отрасли, разработку проектных решений зданий и сооружений из сборных железобетонных конструкций, совершенствование технологии их изготовления.

В относительно короткие сроки была создана крупнейшая в мире промышленность сборного железобетона, проектная производительность которой к 1999 г. достигла 180 млн м<sup>3</sup> в год, в том числе по Российской Федерации около 100 млн м<sup>3</sup>. За тридцать лет с 1955 по 1985 г. объем применения сборного железобетона увеличился в 25 раз. Значительное внимание было уделено развитию предварительно напряженных и легковесных конструкций.

Росла концентрация производства. В 1960 г. предприятия мощностью менее 550 тыс. м<sup>3</sup> в год производили 86% всего сборного железобетона, к 1965 г. на их долю приходилось уже только 45%, а в 1990 году 20% годового объема производства.

Численность производственного персонала промышленности сборных железобетонных конструкций и изделий к этому времени составила 47% общей численности персонала, занятого в промышленности строительных материалов, объем товарной продукции — соответственно 45% и стоимость производственных фондов — 48%, в то же время число предприятий промышленности сборного бетона и железобетона составляло только 20% общего числа предприятий промышленности строительных материалов. Иными словами, по сравнению с другими отраслями промышленности стройматериалов это была отрасль с высокой фондовооруженностью и концентрацией производства.

Если объем применения сборных конструкций в 1955 г. составил 12%, то в 1990 г. — уже около 60% общего объема производства железобетона. К сожалению, ориентация на строительство комбинатов крупнопанельного домостроения большой мощности породила однообразие строящихся зданий; в угоду конъюнктуре выбирались сборные варианты взамен монолитных даже там, где это было нерационально.

В условиях директивной экономики напряженный план и максимальное использование производствен-

ного оборудования были обязательными требованиями. Переналадка и модернизация производственных линий зачастую были экономически невыгодны, что создавало тенденцию к длительному тиражированию одних и тех же серий сборных домов.

Избыточная концентрация производственных мощностей привела к нецелесообразной перевозке строительных изделий на расстояние в сотни и даже тысячи километров, как это имело место при строительстве городов при освоении отдаленных районов нефтяных и газовых месторождений.

В данный момент, наоборот, наблюдается неоправданный отказ от сборного железобетона, несмотря на наличие развитой производственной базы, использование которой не превышает 25%.

Отказ от сборного строительства может быть приравнен в определенной мере к отказу от конвейерной сборки автомобилей. В основе одноликости сборного строительства в России лежат те же причины, которые побуждали автомобильные заводы выпускать в течение десятилетий одну и ту же марку автомобилей, — рыночный монополизм. Между тем мировая практика показывает, что интерес к сборному строительству не снижается. Международная федерация по сборному железобетону — *ВІВМ* — существует уже более 40 лет и провела в различных странах 18 международных конгрессов. Последний из них состоялся в Амстердаме в мае 2005 г.

Следует опровергнуть бытующее представление о доминирующем применении в зарубежном строительстве монолитного бетона и железобетона. Например, Германия производит ежегодно 32 млн м<sup>3</sup> сборного железобетона, то есть в полтора раза больше, чем в России. В Италии сборного железобетона производится порядка 40 млн м<sup>3</sup>. Всего в стоимостном выражении на сборное строительство в Европе приходится 30 млрд евро, а на производство товарного бетона для монолитного строительства — 12 млрд. В КНР работает 9600 заводов сборного железобетона.

В США расширяется применение сборного железобетона в мостостроении, в том числе и при сооружении внеклассных мостов методом навесной сборки пролетных строений из сегментов. Этот метод вытесняет строительство монолитных мостов с натяжением арматуры на бетон. Всего же в настоящее время в США около 80% мостов сооружается из железобетона, в том числе мосты пролетом до 50 м сооружаются из сборных балочных пролетных строений.

В сборном железобетоне реализованы крупнейшие мировые проекты. Например, туннель длиной 55 км под проливом Ла-Манш, соединивший Великобританию и Францию, две нити водовода диаметром 4 м и длиной 900 км в Ливии, транспортная эстакада длиной 55 км, соединившая г. Бангкок с международным аэропортом. Мосты в Германии с массой надвигаемых пролетных строений достигают 30 тыс. т.

Таким образом, сборный железобетон в мировом строительстве продолжает развиваться. Это объясняется несколькими обстоятельствами. Первое — в условиях стационарного производства намного легче обеспечить стабильное качество продукции через организацию пооперационного контроля, это производство существенно легче поддается автоматизации и даже роботизации. Второе — современные полимерные материалы, применяемые для изготовления форм, позволяют разнообразить виды изделий и варианты их архитектурной отделки. Третье — применение химических добавок в бетон позволяет сократить или совсем отказаться от таких приемов, как вибрирование бетонной смеси в целях ее уплотнения и последующая температурная (как правило, паровая) обработка.

Производство сборного железобетона в Российской Федерации в настоящее время составляет примерно 22–24 млн м<sup>3</sup> в год, из них предварительно напряженных конструкций примерно 4 млн м<sup>3</sup>. Можно говорить о росте производства сборного железобетона на 4–6%.

Численность работников, занятых в промышленности по производству сборного железобетона, составляет примерно 200 тыс. человек, или 36% общей численности работников отрасли промышленности строительных материалов.

Предприятия по выпуску сборных бетонных и железобетонных изделий и конструкций имеются во всех субъектах Российской Федерации. В Москве, несмотря на бурное развитие монолитного строительства, по-прежнему более половины жилого фонда возводится в сборном варианте. Подбор составов бетона, конструкции форм позволяют в настоящее время получать разнообразные высокоточные изделия с минимальными допусками. Архитектурное исполнение сборных изделий сделало значительный шаг вперед.

Помимо сборных железобетонных конструкций следует упомянуть «малый» сборный бетон — стеновые блоки. Их производство из ячеистого силикатного и обычного бетона составляет в пересчете на кубометры более 20 млн. По объему выпуска производство бетонных блоков превышает производство собственно кирпича.

В России около 80% общего объема выпуска железобетона составляют различные виды плоских и линейных конструкций (панели стен, плиты покрытий и перекрытий, перегородки, площадки и др.).

Производство бетона по своему технологическому содержанию — это химическое производство, ибо твердение бетона осуществляется в результате протекания сложных химических реакций, а прочность затвердевшего бетона зависит от соотношения и качества использованных для его приготовления исходных материалов. Отсюда неизбежно вытекает необходимость строгого контроля свойств всех исходных сырьевых компонентов и технологических переделов. Качество бетона помимо экологических и прочих преимуществ должно явиться наиболее значимым параметром его конкурентоспособности по отношению к другим материалам.

Длительное время директивная установка на экономии цемента не способствовала получению высококачественных конструкций из железобетона массового производства. Так, ГОСТ 12015.0-83 «Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные» рекомендует, чтобы нормируемая прочность бетона при сжатии в конструкциях и изделиях в момент отгрузки потребителю (отпускная прочность) обязательно должна быть ниже класса бетона, указанного в проекте. Этот же ГОСТ рекомендует снижать среднюю прочность бетона в изделии, если на предприятии до-



Донецкий заводостроительный комбинат (Украина), конец 1960-х гг.

стигнута однородность бетона выше нормируемой. И это при том, что 90% отечественного сборного железобетона и так изготавливается из бетонов средних классов В25 и ниже.

Совершенно другие подходы приняты в зарубежной строительной практике. Так, в Рекомендациях Технического комитета по сборному железобетону Европейской организации по стандартизации (ТК 228 СЕН), наоборот, предписывается изготавливать обычные конструкции из бетона класса не ниже В25, а конструкции с преднапряженной арматурой — из бетона класса не ниже В37.

В США вообще отсутствуют на федеральном уровне нормы затрат ресурсов в строительстве. Рынок, а не требования ГОСТ должен определять целесообразность экономии материалов.

Для производства бетона цементная промышленность предлагает широкую гамму различных вяжущих. Помимо наиболее распространенных портландцемента и шлакопортландцемента выпускаются различные модификации цементных вяжущих, в том числе быстротвердеющие, многокомпонентные, тонкомолотые и т. д.

Несмотря на переход цементной промышленности к условиям рынка и, казалось бы, ожесточение конкуренции, качество рядовых отечественных цементов пока существенно уступает, прежде всего по прочностным показателям, цементам, производимым в разных странах, где в качестве рядовых используются цементы, относящиеся по отечественной классификации к высокопрочным.

Поставляемые для производства бетона природные заполнители (песок, щебень) нередко не отвечают требованиям стандартов, прежде всего по предельному содержанию примесей и гранулометрическому составу.

**Одним из кардинальных направлений повышения эффективности бетона как строительного материала является его химизация или, иными словами, применение специальных добавок, улучшающих свойства бетона как на стадии приготовления и укладки бетонной смеси, так и на стадии эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций.**

Проблема ускорения твердения бетона является одной из важнейших в современной технологии бетона как при производстве сборных железобетонных изделий, так и при возведении зданий и сооружений из монолитного бетона.

Несмотря на то что в последние годы активно разрабатываются альтернативные способы ускорения твердения бетона, тепловая обработка паром будет удерживать на предприятиях сборного железобетона в

ближайшей перспективе достаточно прочные позиции, но постепенно на смену будут приходиться другие, более эффективные способы интенсификации набора прочности бетона, прежде всего химические добавки — ускорители твердения, электротермообработка, использование продуктов сгорания природного газа.

Использование высокопрочных бетонов в несущих железобетонных элементах зданий позволяет снизить массу конструкций за счет уменьшения объема бетона, получить экономию цемента, а при равных размерах сечений можно сократить и расходы арматурной стали. Снижаются также трудоемкость изготовления, транспортные расходы и приведенные затраты.

Увеличение прочности бетона в конструкциях массового применения открывает возможности повышения качества изделий, а в ряде случаев существенного снижения косвенного армирования и расхода стали в целом. Это в значительной мере подтверждено мировым опытом производства преднапряженных изделий методом безопалубочного формования на длинных стендах.

Изготовление сборных железобетонных конструкций с применением высокопрочного бетона классов В40–В60 возможно на портландцементных марках М550–М600. Применение бетонов высоких классов наиболее эффективно для колонн одноэтажных и многоэтажных зданий, стропильных ферм и балок, большепролетных плит покрытий, других конструкций. Так, в КНР сваи длиной до 30 м изготавливают из бетона класса В100.

Проблемами являются также слабое знание проектировщиками современных достижений в области технологии бетона и соответственно отсутствие проектных разработок с применением высокопрочных бетонов.

Будущее за применением высокопрочных бетонов с использованием различных модификаторов, арматуры стержневой классов А500–А1000 и арматурных канатов классов К 1500.

Зарубежный опыт совершенствования заводского производства ряда сборных железобетонных и предварительно напряженных конструкций указывает на примененные способы существенного сокращения сроков их изготовления, получения заметной экономии материалов и рабочей силы. Достигнут такой результат за счет использования самоуплотняющихся бетонных смесей и исключения вибрации. Самоуплотняющиеся бетонные смеси разработаны и уже применяются в Японии, США и Западной Европе.

Для армирования обычных сборных железобетонных конструкций следует применять стержневую арматуру периодического профиля класса А500С диаметром от 6 до 40 мм и низкоуглеродистую проволоку периодического профиля класса В500 диаметром 3–8 мм.

Для армирования предварительно напряженных сборных конструкций надлежит применять высокопрочные стабилизированные арматурные канаты прочностью до 1800 МПа и проволоку периодического профиля, а также высокопрочную стержневую арматуру классов А800–А1000. Указанные виды арматуры освоены заводами металлургической промышленности России.

Железобетон — высококачественный строительный материал, но он не вечен. Поэтому в перспективе следует ориентироваться на разработку технологий утилизации зданий из сборного железобетона по истечении срока эксплуатации. В связи с этим в проектную практику целесообразно ввести понятие жизненного цикла здания, который включал бы все этапы существования объекта от начала строительства до полной утилизации материалов после сноса и разборки.

Требуется обновление нормативной базы в области бетона и железобетона. Основные подходы в нормах должны быть унифицированы с зарубежными аналогами.

Важной вехой дальнейшего прогресса бетона как строительного материала явилось принятие европейского стандарта EN 206-1 «Бетон. Технические требования». Стандарт устанавливает рекомендации по обеспечению долговечности бетона с учетом различных сред эксплуатации. Параметрический ряд бетонов включает наивысший класс — 115 для обычного бетона и 88 — для легкого бетона.

EN 206-1 принят за основу при разработке соответствующих стандартов ИСО.

Высокоразвитая индустрия производства бетона и железобетона требует соответствующего информационного обеспечения. В США, например, издается более 10 журналов по бетону и железобетону.

Во всех развитых странах успешно работают научно-производственные ассоциации по бетону и железобетону. Пользуются заслуженным авторитетом Международная федерация по железобетону fib, членами которой являются более 50 стран, где имеется технический комитет по сборному железобетону; упомянутая выше Международная федерация по сборному железобетону FIBM. Международные организации по стандартизации ISO и CEN имеют в своем составе специальные комитеты по железобетону, в том числе по сборному железобетону, ведущие работу по выработке единых стандартов, обобщающих наиболее передовые достижения мировой практики в этой области. В 2004 г. юбилей отметил Американский институт бетона — профессиональная ассоциация многих тысяч специалистов и сотен компаний строительной индустрии США и Канады. Институт является разработчиком и держателем основного массива стандартов по железобетону, в том числе по сборному железобетону. Эти стандарты оказывают значительное влияние на нормотворческую практику других развитых стран, прежде всего Юго-Восточной Азии.

По уровню технических и экономических показателей бетон и железобетон по-прежнему остаются основными конструкционными материалами, занимающие приоритетные места в общей структуре мирового производства строительной продукции.

Ежегодное производство бетона и железобетона в мире превышает 3 млрд м<sup>3</sup>, никакой другой продукт производственной деятельности не изготавливается в таких объемах.

Из 2,8 млрд м<sup>3</sup> жилого фонда России на здания, построенные с применением бетона и железобетона, приходится не менее 2 млрд м<sup>2</sup>. Обеспечение населения доступным жильем остается одной из самых социально значимых задач государства.

Президент России В.В. Путин поручил правительству разработать комплекс мер, направленных на доведение к 2010 г. объемов жилищного строительства до 80 млн м<sup>2</sup> в год. Эта сложная задача потребует применения новых проектных решений, эффективных строительных материалов и технологий, широкого внедрения научных разработок в практику строительства. Без массового использования при строительстве жилых зданий разнообразных видов бетона и сборных железобетонных конструкций эта задача не может быть решена.

Дальнейшее развитие современной цивилизации невозможно без железобетона. Более того, качество этого развития, например обеспечение российского населения жильем, создание безопасной среды обитания в наших городах, в значительной мере зависит от развития производства основного строительного материала современности — железобетона.

УДК 693.9

С.Н. КУЧИХИН, председатель совета директоров ЗАО «Строймаш»,  
генеральный директор ЗАО «Вибропресс»,  
А.М. КРОХИН, коммерческий директор ЗАО «Вибропресс» и ЗАО «Строймаш» (Москва)

## Домостроительные комбинаты нового поколения для строительства каркасных сборно-монолитных зданий

Строительная отрасль в современных условиях существенно изменила свои приоритеты от типового к индивидуальному домостроению. Превалирует мнение, что каждое новое здание должно иметь свое лицо и кардинально отличаться от ранее возведенных. При этом важно, чтобы при строительстве зданий использовалось минимальное количество типоразмеров, конструкций и изделий. Указанным требованиям в значительной мере отвечает система каркасного сборно-монолитного домостроения, разработанная ООО «Строймашпроект», а также домостроительные комбинаты (ДСК) нового поколения, оборудование для которых изготавливает и поставляет ЗАО «Вибропресс». Отличительной особенностью указанных ДСК является высокая степень механизации и автоматизации технологических процессов, а также пониженные затраты энергии на единицу выпускаемой продукции.

Базируясь на разработанной системе каркасного сборно-монолитного домостроения, можно возводить объекты с различной функциональной направленностью, например жилые дома и здания соцкультбыта, с минимальным количеством типоразмеров конструкций и изделий (всего 8–10 наименований). Это колонны с сечением 0,4×0,4 м и высотой 1–2 этажа, сваи сечением 0,35×0,35 м и длиной до 14 м, плиты пустотного настила, изготавливаемые на линии «Тэнсиланд» длиной до 12 м, панели шахт грузопассажирских лифтов, диафрагмы жесткости, вентиляционные блоки, лестничные марши. поэтажно опертые стены (наружные и перегородочные) возводят из вибропрессованных мелких камней или кирпича. Теплоизоляцию наружных стен осуществляют с помощью пенополистирольных или минераловатных плит или ячеисто-бетонных блоков плотностью 350–400 кг/м<sup>3</sup>. Для ограждения каркаса зданий можно использовать и панели, но в технологии их изготовления должна быть предусмотрена возможность изменения их габаритов, главным образом длины.

Сборно-монолитные здания включают несущий пространственный каркас, образованный колоннами со свободным шагом и дисками перекрытий, а также наружные стены, поэтажно опертые на перекрытия (рис. 1а).

Процесс строительства включает обустройство свайного поля для отдельных блок-секций с заливкой ростверков фундаментов со стаканами, расстановку сетки колонн и их фиксацию с помощью поддерживающей опалубки. Опалубку шириной 0,6 м, как правило, изготавливают из финской фанеры. Она поддерживается двумя брусами, а также металлическими лесами. Вместо фанерной опалубки можно использовать тонкий железобетонный ригель (толщиной 0,1 м) с выступающей арматурой, которая в дальнейшем свяжет его с монолитной частью ригеля (рис. 1б). Опалубку или тонкий ригель устанавливают между колоннами и на них укладывают плиты пустотного настила, изготовленные методом безопалубочного формования. Достоинство последних – любая длина и высокая несущая способность при пониженном вдвое расходе металла (проволоки Вр II диаметром 5 мм).

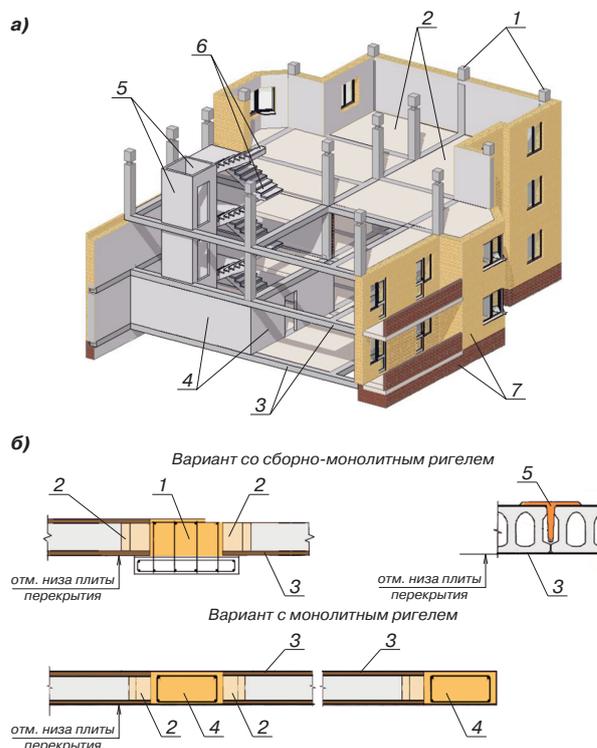


Рис. 1. а – конструкция каркасного сборно-монолитного здания: 1 – колонна сборная ЖБ; 2 – плиты ЖБ (по технологии «Тэнсиланд»); 3 – монолитные несущие и связевые ригели; 4 – диафрагмы жесткости; 5 – панели шахт грузопассажирских лифтов; 6 – лестничные марши; 7 – облицовка стен вибропрессованным камнем; б – узлы сопряжения плит пустотного настила с ригелем: 1 – сборно-монолитный ригель (армирование показано условно); 2 – шпонка, заходящая в пустоты панели перекрытия ППС (показано условно); 3 – панель перекрытия ППС; 4 – монолитный ригель (армирование показано условно); 5 – мелкозернистый бетон В25



Рис. 2. Жилые 9-этажные здания со сборно-монолитным каркасом, облицованные цветным и серым камнем с последующей покраской

Между торцами плит, отстоящих друг от друга на 400 мм, вставляют арматурный каркас, который фиксируется проволокой с арматурой колонн и в дальнейшем служит для армирования несущего или связевого ригеля.

В проемы между плитами укладывают бетонную смесь, которая наряду с заполнением пространства ригеля заходит в заглушенные пустоты плит на глубину 100–150 мм, образуя шпонки.

Шпонки могут быть усилены за счет армирования. Полученный в случае применения фанерной опалубки монолитный ригель располагают внутри перекрытия, что обеспечивает гибкость планировочных решений и возможность трансформации внутреннего пространства здания. При использовании тонкого железобетонного ригеля он выступает из потолка, и в этом месте целесообразно ставить перегородку, или стилизовать, сочетая, например, с осветительными приборами, или смонтировать подвесной потолок.

В результате многочисленных испытаний установлено, что несущая способность каркаса значительно повышается за счет заземления (распора) нижней зоны плит пустотного настила. Кроме того, при значительном пролете (более 6 м) плиты раздвигают и между ними вставляют и бетонируют плоский арматурный каркас, что повышает жесткость перекрытия и позволяет возводить здания с сеткой колонн до 9×9 м.

В зданиях со скрытым ригелем внутренние перегородки могут быть возведены в любом месте, что позволяет создавать различные планировочные решения, кардинально отличающиеся на смежных этажах.

Для наружной облицовки стен могут быть использованы цветные или серые (без введения красителя) вибропрессованные блоки (рис. 2). В последнем случае фасады необходимо красить, при этом общая стоимость наружных стен снижается на 25–30%.

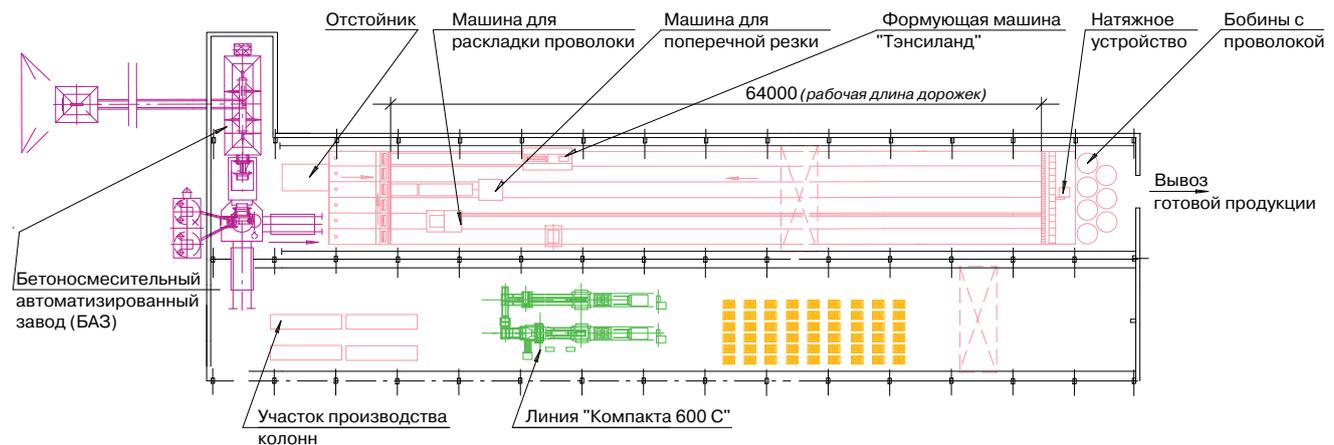
В результате технико-экономического анализа трех основных методов строительства – панельного, каркасно-монолитного и каркасного сборно-монолитного выявлено, что наилучшими показателями по материалоемкости, в том числе металлоемкости, обладают каркасные сборно-монолитные здания. Так, по сравнению с панельными зданиями:

- удельный расход металла ниже на 32%;
- удельный расход железобетона – на 35%;
- стоимость строительства коробки здания – на 24%.

Для выпуска комплекта конструкций и изделий, обеспечивающих строительство каркасных сборно-монолитных зданий, ЗАО «Вибропресс» разработало ДСК нового поколения, которые существенно превосходят по эффективности существующие. В зависимости от мощности предприятия сложилось три типа ДСК:

- мини-ДСК мощностью 70–80 тыс. м<sup>2</sup> жилой площади в год, которые можно разместить в трех пролетах шириной 12 м и длиной 90–120 м или в двух пролетах шириной 18 м аналогичной длины;
- средней мощности 120–150 тыс. м<sup>2</sup> жилой площади в год, размещаются в трехпролетных зданиях 18×144 м;
- высокопроизводительные мощностью 200–250 тыс. м<sup>2</sup> жилой площади в год, которые можно вписать в трех-

План-схема домостроительного мини-комбината производительностью 70–80 тыс. м<sup>2</sup> жилой площади в год



План-схема высокопроизводительного домостроительного комбината мощностью 180–200 тыс. м<sup>2</sup> жилой площади в год

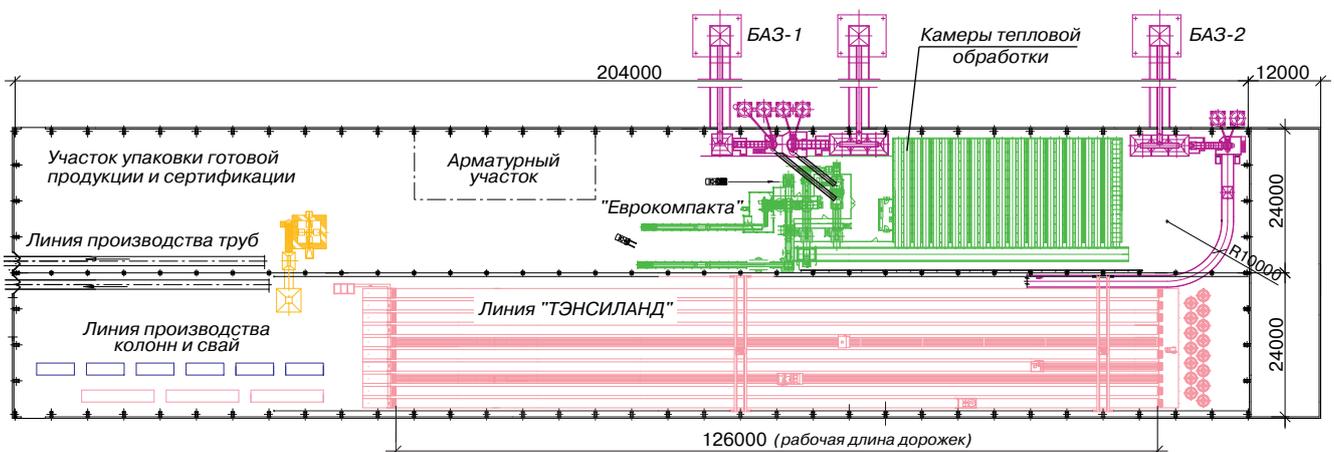


Рис. 3. Региональные домостроительные комбинаты для возведения каркасных сборно-монолитных зданий



**Рис. 4.** Участок линии «Тэнсиланд» – машина для резки под любым углом затвердевших плит

пролетное здание 24×144 м или двухпролетное здание 24×204 м.

Общее требование — один из пролетов производственного корпуса должен быть оборудован краном грузоподъемностью 10 т для размещения линии «Тэнсиланд».

При оснащении домостроительных комбинатов различной мощности используют технологические линии, производимые ЗАО «Вибропресс» совместно с испанскими фирмами.

На рис. 3 представлен план-схема высокопроизводительного комбината, оснащенного оборудованием ЗАО «Вибропресс» и введенного в эксплуатацию на «Кировском ДСК» в Ленинградской обл. летом 2005 г.

Кировский ДСК включает:

- базовую технологическую линию «Тэнсиланд» с дорожкой длиной 126 м, предназначенную для выпуска методом безопалубочного формования плит пустотного настила длиной до 12 м (рис. 4). Линия оснащена адресной подачей бетонной смеси. Мощность линии 250 тыс. м<sup>2</sup>/год;
- высокопроизводительную автоматическую линию «Еврокомпакта» (рис. 5) для производства стеновых и перегородочных блоков (2700 блоков/ч), тротуарной плитки, бордюрного камня и многих других изделий. Линия оснащена автоматизированным сплиттерным участком для раскалывания блоков;
- участок для производства элементов каркаса зданий — колонн, диафрагм жесткости, панелей шахт грузопассажирских лифтов, вентиляционных блоков, лестничных маршей и др.;
- участок для производства бетонных и железобетонных труб и колец;
- два бетоносмесительных автоматизированных завода (БАЗ-1 и БАЗ-2) для приготовления бетонной смеси и подачи ее на технологические линии для формования изделий и конструкций (рис. 6).

Количество обслуживающего персонала составляет 58 человек.

Домостроительный комбинат средней мощности введен в эксплуатацию в г. Старый Оскол ООО «Индустрия строительства», оснащен технологической линией для производства облицовочного камня мощностью 1250 шт./ч — «Компакта-2000 Спринт» с механизированным сплиттерным участком. Комбинат оснащен также технологической линией «Тэнсиланд» (11 дорожек длиной 74 м) для производства плит пустотного настила. Мощность линии составляет около 180 тыс. м<sup>2</sup>/год. На комбинате имеется линия производства элементов каркасов зданий, обеспечивающая строительство



**Рис. 5.** Высокопроизводительная автоматическая линия «Еврокомпакта» для производства стеновых и перегородочных блоков



**Рис. 6.** Бетоносмесительный автоматизированный завод для приготовления бетонной смеси и подачи ее на технологические линии формования изделий и конструкций

10–12 многоэтажных каркасных сборно-монолитных домов одновременно, и линия для производства бетонных и железобетонных труб. Бетонную смесь готовят на автоматизированных бетоносмесительных узлах БАЗ-1 и БАЗ-2. Комбинаты средней мощности также работают в г. Гатчина Ленинградской обл. и в Воронеже.

Мини-ДСК (Брянск, ООО «Стройдеталь и К») (рис. 3) включает высокомеханизированную линию «Компакта 600С» мощностью 600 блоков/ч со сплиттерным участком, линию «Тэнсиланд» (9 дорожек длиной 70 м), участок производства элементов каркаса зданий и два бетоносмесительных завода БАЗ-2 и БАЗ-4. Комбинат возводит три многоэтажных каркасных здания в Брянске и реализует продукцию другим строительным организациям. Подобные комбинаты эксплуатируют в г. Гусь-Хрустальный Владимирской обл. и Волгограде.

Следует также отметить, что в составе комбинатов можно весьма эффективно эксплуатировать линию по производству мелких блоков из пенобетона или газобетона, используемых для утепления стен.

Технологические линии по производству мелких блоков из чистого бетона различной мощности также производит и поставляет ЗАО «Вибропресс».

*Наша организация приглашает к сотрудничеству строительные предприятия, так как оснащение комбинатов современным оборудованием значительно повышает их эффективность и открывает новые возможности в строительном бизнесе.*

**ЗАО «ВИБРОПРЕСС»**

Россия, 129110, Москва, ул. Гиляровского, д. 60, стр. 2, офис 2  
e-mail: [dys@vibropress-recon.ru](mailto:dys@vibropress-recon.ru)

Тел.: (495) 600-65-77; 681-51-99; 562-81-41  
[www.vibropress-recon.ru](http://www.vibropress-recon.ru)

УДК 666.973:691.278

О.Н. КРАШЕНИННИКОВ, канд. техн. наук, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН (Апатиты, Мурманская обл.)

## Теплоизоляционный вермикулитопенобетон для кровельных покрытий

Вопросы повышения огнестойкости кровельных покрытий зданий и сооружений являются одними из важнейших для обеспечения их пожарной безопасности. Недостаток в негоряемых утеплителях приводит к тому, что кровельные покрытия выполняются из сгораемых или трудносгораемых материалов, в том числе и на объектах повышенной опасности, к которым относятся атомные электростанции. Следует отметить, что после трагедии на Чернобыльской АЭС Приказом Минатомэнерго СССР № 6 от 16.02.1988 г. предусматривалась замена сгораемого пенополистирольного кровельного утеплителя всех действующих АЭС страны.

Одними из эффективных видов утеплителя кровельных покрытий, по нашему мнению, являются материалы на основе вспученного вермикулита и цемента как материалов, предварительно прошедших высокотемпературную обработку и обеспечивающих полную негоряемость утеплителя при пожаре. Производство такого утеплителя может быть достаточно быстро налажено, в том числе на существующих предприятиях по выпуску бетонных и железобетонных изделий при их незначительной модернизации. По сравнению с другими альтернативными вариантами утепления кровель вермикулитобетонный экономически выгоднее, особенно на Северо-Западе России. На Кольском полуострове разведано и эксплуатируется крупнейшее на Евро-азиатском континенте Ковдорское месторождение вермикулита, балансовые запасы которого составляют около 80% от общероссийских.

Наряду с необходимостью получения негорючего утеплителя ставилась задача разработать теплоизоляционный материал плотностью не более 350–400 кг/м<sup>3</sup>, имеющий прочность при сжатии утеплителя не менее 0,15 МПа.

Поскольку высокая открытая пористость сравнительно малопрочных зерен вспученного вермикулита влечет за собой при приготовлении бетонных смесей потребность в повышенном количестве вяжущего, то для получения удобоукладываемых облегченных смесей необходимо без повышения расхода вяжущего увеличить объем теста. Как известно, наиболее эффективным способом улучшения качества легкобетонных смесей, в том числе снижения плотности, является их поризация за счет использования пенообразующих добавок [1–4]. При этом важны показатели собственно пены, особенно ее устойчи-

вость при требуемой кратности. Традиционные виды пенообразователей: клееканифольный, алюмосульфонафтенный, гидролизованная кровь, сапониновый и другие, используемые в технологии легких бетонов, как правило, не обеспечивают высоких показателей коэффициента стойкости пены в цементном тесте.

В задачу настоящих исследований входила разработка на основе противопожарного пенообразователя высокостойкой пены с коэффициентом стойкости в цементном тесте не менее 0,9 для поризации вермикулитобетонных смесей.

Для проведения исследований был выбран широко используемый в пожаротушении пенообразователь ПО-6. Для получения технической пены, соответствующей требованиям Руководства [5], как показали наши исследования, наиболее приемлемы 3–6% растворы ПО-6. Обладая хорошей пенообразующей способностью, растворы ПО-6 способствуют получению высокочастотных и низкой плотности пен. Такие пены быстро стекают с образованием остова из тончайших пенных пленок. Так, через 1 мин после получения пены степень синерезиса в зависимости от концентрации составляет 30–50%, а через 5 мин – 80–87%. Увеличение времени диспергирования и концентрации не позволяет получить пены с низкой степенью синерезиса, требуемой меньшей кратности и высокой устойчивости. Использование таких пен для поризации вермикулитобетонных смесей недостаточно эффективно для решения поставленных задач по снижению плотности теплоизоляции.

С целью повышения устойчивости пен на основе ПО-6 вводились добавки водорастворимых полимеров, в частности поливинилового спирта (ПВС), поливинилацетатной дисперсии (ПВАД) и карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ). Стабилизирующее действие этих добавок заключается в образовании высоковязких адсорбционных слоев в средней части пенных пленок, замедляющих процесс стекания и разрушения [6, 7]. Введение в качестве стабилизирующей добавки 1–2% ПВАД повышает коэффициент стойкости до 0,8–0,92, но время вспенивания для достижения требуемой плотности пены увеличивается до 240 с. Такая же тенденция наблюдается и при введении ПВС: 1 и 2% добавки требуют повышения времени вспенивания до 240 и 300 с соответственно.

Время с начала получения пены, мин	3% раствор ПО-6				4% раствор ПО-6				5% раствор ПО-6				6% раствор ПО-6			
	Добавка КМЦ, %															
	0	2	2,5	3	0	2	2,5	3	0	2	2,5	3	0	2	2,5	3
0	3,5	2,8	2,5	2,4	3,5	2,7	2,4	2,4	3,5	2,8	2,6	2,3	3,5	2,8	3	2,9
5	12	2,8	2,6	2,4	20,2	3,1	2,6	2,5	16,8	3,1	2,6	2,3	21	3,1	3	2,9
10	18,6	3,2	2,6	2,4	31,6	3,8	2,9	2,5	45	3,7	2,8	2,3	24,7	3,5	3,4	3
15	43	3,4	2,8	2,7	86	4,5	3,7	2,7	44,3	4,4	3,3	2,6	35,5	4,4	3,5	3,4
30	81	4,5	3,8	2,8	68	7	5,1	2,8	27,6	7	5	3	16	6,4	4,3	3,4
60	31	5,7	4,7	3,3	51	8,1	6	3,1	8,5	8,3	7,6	3,9	11	8	5,6	4,5

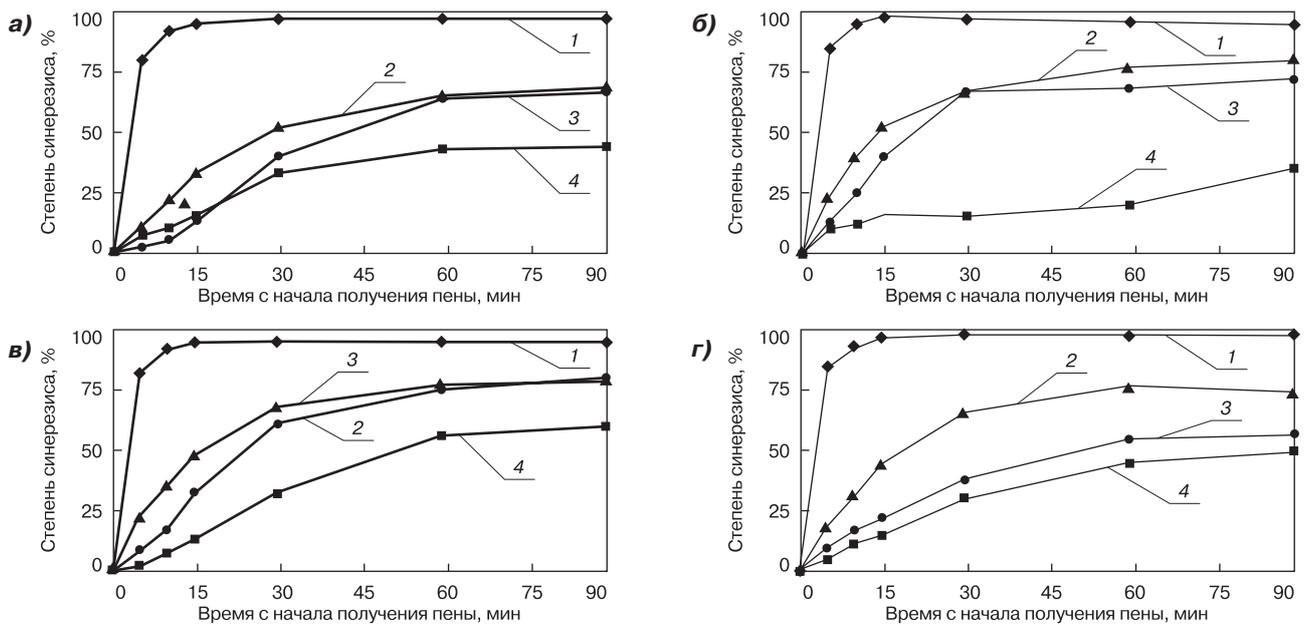


Рис. 1. Изменение степени синерезиса пены во времени из раствора ПО-6 с добавкой КМЦ. Концентрация раствора ПО-6, %: а – 3; б – 4; в – 5; г – 6. Содержание КМЦ, %: 1 – 0; 2 – 2; 3 – 2,5; 4 – 3

Наиболее эффективно для модифицирования ПО-6 использование 2–3% КМЦ, существенно влияющей на основные физико-химические свойства пены: кратность, устойчивость и степень синерезиса. Как видно из таблицы, введение КМЦ позволяет регулировать кратность получаемой пены, выбирая оптимальную исходя из технологических задач, которая, как правило, находится в интервале 4–7.

Применение бинарной смеси пенообразователя позволяет увеличить время разрушения 20% объема пены не менее чем в три раза, а время разрушения 50% объема пены для композиционного пенообразователя увеличивается по крайней мере в четыре раза и составляет более 180 мин.

Пены на основе ПО-6, модифицированные добавкой КМЦ, характеризуются сравнительно медленным процессом синерезиса (рис. 1). Так, максимальная величина обезвоживания пен с использованием КМЦ через 5 мин не превышает 20%, а через 15 мин – 50%, в то время как степень синерезиса для пен на основе немодифицированного ПО-6 составляет не менее 80–95%.

Проведенные исследования показали, что коэффициент стойкости пены в цементном тесте за счет модификации ПО-6 возрастает до значений 0,9–0,98.

Таким образом, оптимальный состав композиционного пенообразователя повышенной стойкости для поризации вермикулитобетонных смесей может быть представлен следующей бинарной смесью: 3–5% раствор ПО-6 с добавкой 2–3% КМЦ.

Для исследований вермикулитопенобетона использовался вспученный вермикулит (в дальнейшем вермикулит) средней насыпной плотностью 150 кг/м<sup>3</sup> производства ОАО «Ковдорслюда», следующего фракционного состава (мас. %): 5–10 мм – 6; 2,5–5 мм – 46; 1,2–2,5 мм – 28; 0,6–1,2 мм – 14; 0,3–0,6 мм – 4,2; 0,14–0,3 мм – 0,6; менее 0,14 мм – 0,4. Водопотребность вермикулита – 37,4%, коэффициент теплопроводности 0,071 Вт/(м·К), влажность 2,9%. В качестве вяжущего использовался портландцемент завода «Брянскцемент» марки М400.

Для обеспечения заданной плотности теплоизоляционного вермикулитопенобетона, которая не должна превышать 350–400 кг/м<sup>3</sup> при расходе вермикулита (с учетом уплотнения) 1100–1200 л (165–180 кг) на 1 м<sup>3</sup> бетона, ориентировочный расход цемента также не дол-

жен быть выше 150–180 кг, т. е. массовое соотношение цемент : вермикулит находится в пределах 1:1–1,1. При более высоком расходе цемента происходит увеличение плотности бетона сверх заданной, а при расходе менее 150 кг/м<sup>3</sup> ввиду недостаточного количества цементного теста не удастся получить смесь слитной структуры, обеспечивающей требуемую прочность бетона.

Учитывая высокую стойкость разработанного пенообразователя, был опробован одностадийный способ получения вермикулитопенобетонной смеси, отличающийся от традиционного способа получения легкобетонных поризованных смесей по двухстадийной схеме, когда отдельно готовится пена и подается в получаемую в смесителе вермикулитобетонную смесь.

Одностадийный способ с использованием высокоскоростных смесителей не только упрощает технологию приготовления вермикулитопенобетонной смеси, но также дает возможность получать удобоукладываемую и высокостойкую массу. Этот способ является практически единственным при получении поризованных смесей в роторных мешалках, например широкоиспользуемых РМ-750, где ротор находится в цилиндрической части на определенной высоте от дна мешалки – выше ее конусной части. В рассматриваемом нами варианте в сме-

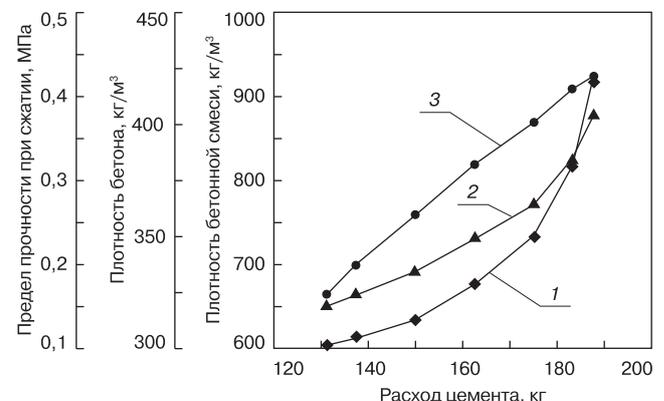


Рис. 2. Изменение плотности бетонной смеси (1), плотности бетона (2) и прочности его при сжатии (3) в зависимости от расхода цемента. Массовое соотношение цемент:вермикулит – 1:1. 3% раствор ПО-6, модифицированный 2% КМЦ

ситель сначала заливается необходимое для приготовления замеса количество воды, затем добавляется раствор пенообразователя и осуществляется за счет вращения ротора взбивание пены, далее в смеситель подается цемент, при необходимости тонкомолотые минеральные добавки и в последнюю очередь вермикулит, что предотвращает его интенсивное разрушение. Следует отметить, что при наличии высокостойкой пены не происходит оседания на дно мешалки цемента как наиболее тяжелой составляющей смеси, а он равномерно распределяется в пеномассе.

На рис. 2 приведены зависимости плотности вермикулитопенобетонной смеси при подвижности 12–14 см по конусу ПГР, плотности вермикулитопенобетона и прочности при сжатии в зависимости от расхода цемента. При расходе основных компонентов на 1 м<sup>3</sup> бетона в пределах 140–180 кг возможно получение вермикулитопенобетона с заданными свойствами: плотностью 330–390 кг/м<sup>3</sup> и пределом прочности при сжатии 0,2–0,4 МПа. Коэффициент теплопроводности при этих плотностях составляет 0,1–0,115 Вт/(м·К). Огневые испытания подтвердили, что вермикулитопенобетон относится к группе негорючих материалов.

Поскольку вермикулит обладает высокой пористостью и, следовательно, высоким водопоглощением, это, в свою очередь, приводит к значительному водопоглощению вермикулитопенобетона. Так, в интервале плотностей 340–400 кг/м<sup>3</sup> водопоглощение его через 24 и 48 ч находится в пределах 150–120 и 160–130% соответственно, а полное водопоглощение достигает 200% после 50–60 сут выдерживания в воде. При эксплуатации кровельных покрытий и возникновении в гидроизоляционном слое дефектов возможно под воздействием осадков водонасыщение утеплителя на определенном участке, что может привести к повышению его плотности и нагрузки на несущие конструкции в данном месте. Хотя при полном водонасыщении вермикулитопенобетонного утеплителя средней плотностью 350 кг/м<sup>3</sup> нагрузка на 1 м<sup>2</sup> конструкции на каждый сантиметр толщины утеплителя не превышает 7 кг и не должна существенно повлиять на величину полной нагрузки покрытия. Например, снеговая нагрузка, принимаемая для условий Мурманской области, обычно составляет 210 кг/м<sup>2</sup>.

Исследования по снижению водопоглощения вермикулитопенобетона осуществлялись по следующим основным направлениям: гидрофобизация собственно вермикулита; объемная и поверхностная гидрофобизация бетона с помощью жидкостей типа ГКЖ в соответствии с рекомендациями [8, 9], а также рядом других гидрофобных материалов: органосиликатной композицией ОС-12, огнезащитной пропиткой МС, жидким натриевым стеклом, поливинилацетатной дисперсией. Результаты исследований показали, что наиболее эффективным способом снижения водопоглощения вермикулитопенобетона является поверхностная пропитка бетона жидкостекольными смесями или кремнийорганическими гидрофобизирующими жидкостями, за счет чего возможно снижение водопоглощения в 1,6–1,9 раза [10].

Сорбционная влажность вермикулитопенобетона плотностью в пределах 400 кг/м<sup>3</sup> через 24, 48 ч и через 80–90 сут (полная) достигает значений 4,8; 6,3 и 13% соответственно. Если влажность пропаренных образцов достигает 100%, то на 3-и, 7-е, 14-е и 28-е сут происходит ее снижение более чем на 25, 50, 80 и 90% соответственно. Равновесная влажность достигается к 28 сут и составляет около 5%. Прочность склеивания рубероида, используемого в качестве гидроизоляционного материала, с вермикулитопенобетоном составляет 0,1–0,2 МПа, что характеризует достаточно хорошую адгезию кровельного ковра к основанию и высокую сопротивляемость ветровым нагрузкам.

Опытно-промышленные испытания проводились на одном из промышленных объектов Мурманской области, относящемся к помещениям с избыточным тепловыделением и сухим влажностным режимом (влажность внутреннего воздуха в среднем 30%). Теплотехническим расчетом кровельного покрытия, выполненного совместно с отделом покрытий и кровель ЦНИИПромзданий с учетом требований СНиП II-3–79\*\*, было установлено, что при плотностях вермикулитопенобетонного утеплителя 300, 350 и 400 кг/м<sup>3</sup> его толщина должна составлять 7, 7,5 и 8 см. Пример конструкции кровельного покрытия приведен на рис. 3.

При отработке технологии получения утеплителя использовались вермикулит, портландцемент и композиционный пенообразователь, характеристики которых приведены выше. Схема получения вермикулитопенобетонных плит приведена на рис. 4. Средний расход материалов для приготовления 1 м<sup>3</sup> смеси требуемого качества исходя из результатов экспериментальных работ составлял по массе 1:1:0,02:0,08:2,3 (цемент : вермикулит : ПО-6 : 10%-ный раствор КМЦ : вода). Расход материалов в кг на замес объемом 0,3 м<sup>3</sup> – 50:50:1:12:115 соответственно. Отдозированные вода, пенообразователь и КМЦ (заранее готовился 10%-ный раствор) подавались в скоростную мешалку РМ-750, где за счет вращения ротора в течение 4–5 мин взбивалась пена. Затем в мешалку последовательно и равномерно вводились цемент и вермикулит в течение 2–3 мин каждый. Приготовленная смесь (контролируемая подвижность по конусу ПГР 12–14 см) через патрубков в днище мешалки подавалась в

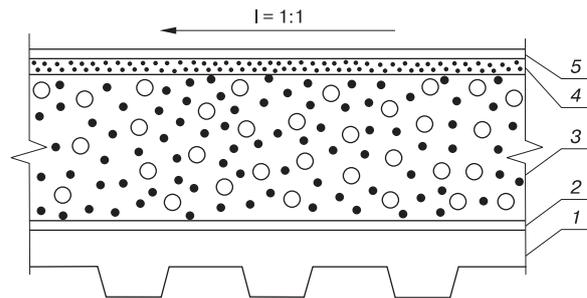


Рис. 3. Конструкция покрытия: 1 – профилированный настил; 2 – пароизоляция из слоя армогидробутила; 3 – утеплитель из вермикулитопенобетона; 4 – стяжка из цементно-песчаного раствора; 5 – гидроизоляционный ковер из двух слоев армогидробутила

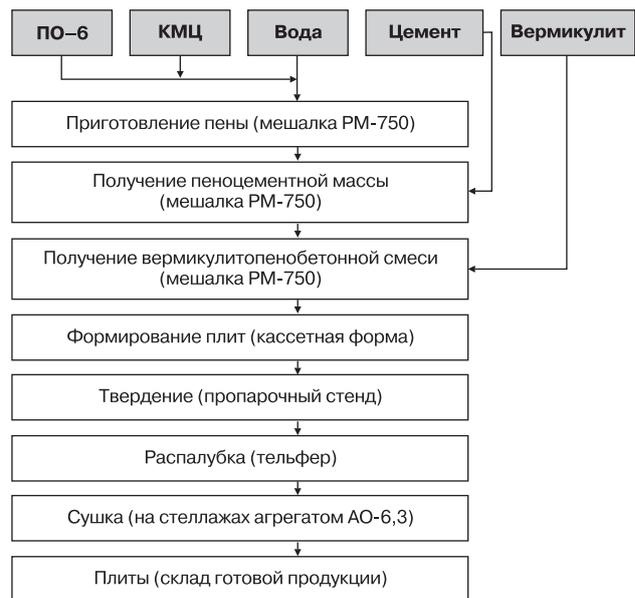


Рис. 4. Технологическая схема получения вермикулитопенобетонных плит

металлическую разъемную форму-кассету размером ячейки 50×50×7,5 см (объем 18,75 л), рассчитанную на получение 16 плит из одного замеса. Предварительная выдержка в условиях цеха железобетонных изделий после заполнения смесью формы составляла 3–4 ч, после чего плиты подвергались тепловлажностной обработке по режиму: 3–4 ч – подъем температуры до 85–90°С; 6–7 ч – изотермическая выдержка; после отключения подачи пара остывание плит до температуры 30–35°С и распалубка. Затем плиты торцом устанавливались на стеллажи, где подвергались сушке до постоянной массы с помощью агрегата АО-6.3. Средняя плотность высушенных плит 340 кг/м<sup>3</sup>, прочность при сжатии 0,3 МПа.

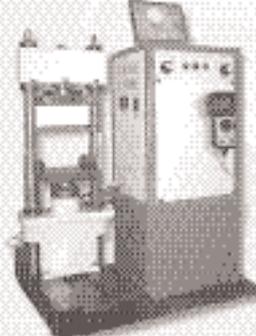
Опытная партия плит в количестве 80 шт. использована в качестве теплоизоляционного слоя кровельного покрытия, конструкция которого приведена на рис. 3. Перед укладкой плит на поверхность пароизоляции наносился тонкий выравнивающийся слой вермикулитсодержащего раствора (аналогичного состава, использованного для получения плит), с помощью которого осуществлялась и заделка швов между плитами. Сверху на плиты наносился слой цементно-песчаного раствора М50 толщиной не более 5–10 мм (как дополнительно выравнивающей и укрепляющей стяжки). После затвердевания на поверхность раствора наклеивался кровельный ковер из армированного полиуретана. Пятнадцатилетний срок эксплуатации опытного участка площадью 20 м<sup>2</sup> показал надежность разработанного варианта кровельного покрытия с теплоизоляционным слоем из вермикулитопенобетона.

**Список литературы**

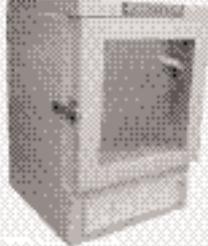
1. Дубенецкий К.Н., Пожнин А.П. Вермикулит (свойства, технология и применение в строительстве). Л.: Стройиздат. 1971. 171 с.
2. Симонов М.З. Основы технологии легких бетонов. М.: Стройиздат. 1973. 584 с.
3. Киселев Д.П. Производство изделий из поризованных легких бетонов. М.: ЦНИИЭПсельстрой. 1978. 32 с.
4. Бураков Г.С. Технология изделий из легкого бетона. М.: Высшая школа. 1986. 296 с.
5. Руководство по применению пенообразователей для производства легких бетонов в конструкциях сельских зданий (РД 01-80). М.: ЦНИИЭПсельстрой. 1980. 23 с.
6. Зотова К.В., Крашенинников О.Н., Меос М.А., Юдина К.А. Влияние добавок водорастворимых полимеров на физико-химические свойства пен, применяемых для производства легкого бетона // Строительные и технические материалы из сырья Мурманской области. Апатиты: КФ АН СССР. 1983. С. 30–39.
7. Юдина К.А., Зотова К.В. Влияние добавок карбоксиметилцеллюлозы на реологические свойства двухсторонних пленок и устойчивость пленок и пен поверхностно-активных веществ // Материалы Всесоюз. конф. по получению и применению пен. Шебекино: ВНИИПАВ. 1979. С. 9.
8. Руководство по защите бетона и других строительных материалов методом гидрофобизации (22–78). М.: НИИЖБ. 1978. 54 с.
9. Орентлихер Л.П. Гидрофобизация легкого бетона наружных ограждающих конструкций для повышения их качества // Повышение теплоизоляционных свойств и эффективности производства легкобетонных конструкций и изделий. М.: МДТП. 1986. С. 91–95.
10. Крашенинников О.Н., Журбенко Г.В., Меос М.А., Приймак Т.И. Разработка вермикулитсодержащего утеплителя с пониженным водопоглощением // Минерально-сырьевые ресурсы Мурманской области для строительных и технических материалов. Апатиты: КНЦ РАН. 1996. С. 49–58.

**Компания "ВНИР"**

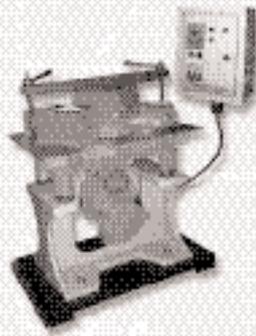
Компания "ВНИР" осуществляет оборудование для гражданских и лабораторий различного профиля:



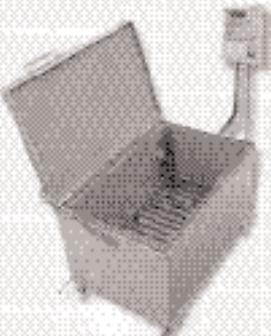
**Строительные лаборатории**  
 дорожно-строительные лаборатории  
 Мостостроительные лаборатории  
 Лаборатории неразрушающего контроля  
 Материаловедческие и металлургические лаборатории  
 Лаборатории механические, температурных и климатических испытаний  
 Спектральные и геохимические лаборатории  
 Оборудование для механических испытаний



**Твердомеры**  
 Оборудование для климатических испытаний  
 Оборудование для температурных испытаний  
 Приборы для испытаний цементов, бетонных смесей  
 Приборы для испытаний бетонных и железобетонных конструкций



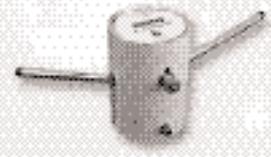
**Испытания лакокрасочных материалов**  
 Весовое оборудование  
 Приборы неразрушающего контроля качества  
 Приборы для измерения температуры и влажности  
 Геологическое оборудование  
 Приборы для испытаний грунтов  
 Приборы для испытаний битумов



**Приборы для испытаний битумов**  
 Приборы для испытаний заливочных  
 Приборы для испытаний асфальтобетона  
 Приборы для контроля параметров автомобильных и железных дорог  
 Оборудование для взбуривания скважин



**Комплексные неразрушающие лаборатории**



Общий отдел: тел./факс +7 (384) 726-6871, 487-9888, 420-0438, 457-0274  
 Отдел продаж и маркетингового обслуживания: тел./факс +7 (384) 451-5119  
 Адрес: 116261 г. Москва, ул. Сокольническая, д.44  
 e-mail: vniir@yandex.ru  
 Режим работы: с 9:00 до 18:00, выходные - сб. и вс.  
 Условия работы: 100% предоплата, отгрузка со склада в Москве.

УДК 666.973.2

В.М. ХРУЛЕВ, д-р техн. наук, Г.Н. ШИБАЕВА, канд. техн. наук,  
Е.Б. СОЛОМОНОВА, канд. техн. наук, Н.А. НЕЛЮБИНА, инженер,  
Хакасский технический институт (г. Абакан, Республика Хакасия)

## Легкий древесный бетон для стен малоэтажных домов

Одним из ведущих направлений в строительстве малоэтажных домов является применение легких бетонов, в том числе древесных, для возведения стен с тепловой изоляцией, удовлетворяющей требованиям СНиП 23-02-03 «Тепловая защита зданий». На основании проведенных исследований в Хакасском техническом институте и Новосибирском ГАСУ разработан новый теплоэффективный легкий бетон на поризованном полимерсиликатном вяжущем с заполнителями из частиц гидролизного лигнина и древесных опилок — лигнополимерсиликатный арболит [1].

Основой вяжущего служит жидкое натриевое стекло плотностью 1350 кг/м<sup>3</sup> с содержанием сухого вещества 45%, условной вязкостью по вискозиметру ВЗ-4 20–25 с. Силикатный модуль стекла равен 2, рН=10,8. В качестве полимерной добавки используется бутадиенстирольный латекс СКС 65 ГП, содержащий 47% сополимера стирола с бутадиеном. Латекс содержит глобулы каучука размером 0,15–0,18 мкм, имеет поверхностное натяжение 36–40 мДж/м<sup>2</sup>, условную вязкость по вискозиметру ВЗ-4 11 с, рН=11,5. Полимерсиликатное вяжущее отверждается под действием кремнефторида натрия Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, добавляемого в количестве 10% в пересчете на сухое вещество натриевого стекла.

Для регулирования вязкости полимерсиликатной композиции, активизации твердения при нормальных условиях, снижения усадки и улучшения адгезионных свойств используется микронаполнитель — тонкодисперсный гидролизный лигнин, получаемый путем помола высушенных частиц из отвалов или взятый из подситового остатка после рассева частиц по фракциям. Микрочастицы обладают физико-химической активностью, содержат 76–78% собственно лигнина, 5–6% целлюлозы, 6–7% гидролизуемых веществ, 3,4–4% редуцирующих веществ, 5–7% смолистых веществ, 0,5–2,5% серной кислоты (остаточная кислотность после гидролиза). Влажность частиц не более 10%, максимальное набухание 1,5%, дисперсность 2500–3000 см<sup>2</sup>/г.

Лигнин, используемый как заполнитель, имеет размер частиц после рассева по фракциям 5–15 мм, модуль крупности составляет 2,76, общий объем микропор в частицах достигает 1,25 см<sup>3</sup>/г. Насыпная плотность в абсолютно сухом состоянии 190–220 кг/м<sup>3</sup>, температура возгорания 158–190°C, рН = 3,5–4. При влажности 6 и 65% коэффициент теплопроводности равен соответственно 0,0789 и 0,47 Вт/(м·К). Можно считать, что лигнин как высокопористый и малотеплопроводный заполнитель обеспечивает достаточно высокие теплоизоляционные свойства лигнополимерсиликатного арболита [2].

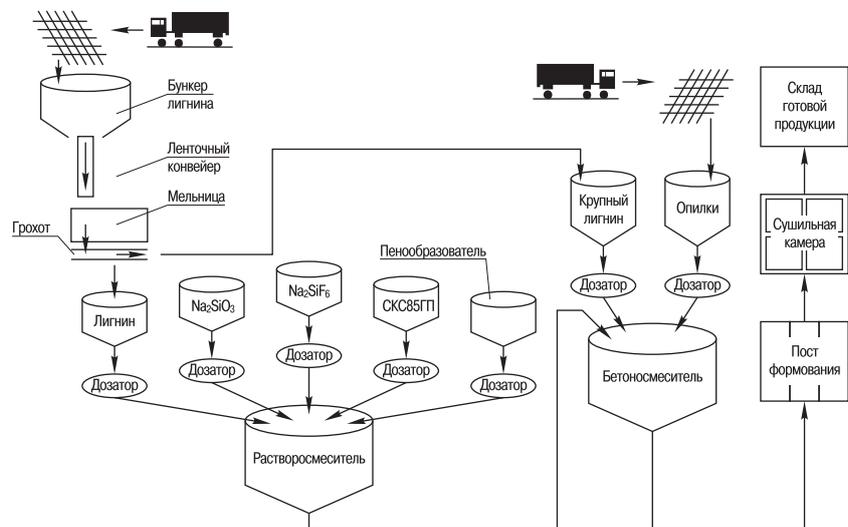
Древесным заполнителем служат крупные опилки от раскряжения бревен. Размеры частиц: длина 2,5–5 мм, толщина 1–2 мм. Средняя плотность частиц древесины 450–500 кг/м<sup>3</sup>, насыпная плотность 350 кг/м<sup>3</sup>, пористость 75–80%, теплопроводность несколько выше, чем у лигнина, но не более 0,1 Вт/(м·К) в сухом состоянии.

Связывание пористых древесных частиц и лигнина плотным раствором жидкого стекла с образованием непрерывной по объему матрицы, как этого требует технология композиционных материалов, приводит к повышению общей теплопроводности арболита за счет теплопроводящей связки. Чтобы со-

хранить эффект тепловой изоляции, обеспечиваемый заполнителем, необходима поризация жидкостекляной связки. Для этого используется кератиновый пенообразователь — продукт переработки роговидных отходов от убоя крупного рогатого скота. Представляет собой легкоподвижную жидкость коричневого цвета, нетоксичную, растворимую в воде.

Для получения пены берется 1 массовая часть пенообразователя на 40 массовых частей воды, смесь заливается в высокооборотный смеситель-миксер многолопастного типа и перемешивается до достижения устойчивой кратности вспенивания в пределах 8–12. Компоненты берутся в следующих количествах (мас. %): жидкое стекло — 33–35; водный раствор кератинового пенообразователя (1:40) — 41–44; кремнефторид натрия — 4,1–4,3; лигнин 8,5–12; латекс — 7,7–10,4.

Вяжущее приготавливается в растворосмесителе принудительного действия с емкостью смесительного барабана 100 л, куда подается жидкое натриевое стекло через жидкостные дозаторы ДЖ-200 (см. рисунок). После этого из бункера через дозатор для порошков АДЦ-425М в жидкое натриевое стекло вводится кремнефторид натрия и состав тщательно перемешивается в течение 5–7 мин.



Технологическая схема производства лигнополимерсиликатного арболита

Без остановки растворосмесителя в этот состав тонкой струей из бункера ДБО-60 через дозатор ДЖ-100 вводится бутадиенстирольный латекс, в количестве 3–7% от массы жидкого натриевого стекла, смесь перемешивается до однородной консистенции. Через такой же дозатор вводится водный раствор пенообразователя, на который при непрерывно вращающемся барабане растворосмесителя наносится порошок гидролизного лигнина, и смесь тщательно перемешивается. На данном этапе контролируется вязкость лигнополимерсиликатной композиции, она должна быть не более 56 с по вискозиметру ВЗ-4. При достижении вязкости, близкой к этому значению, перемешивание смеси прекращается, композиция выгружается и направляется в бетоносмеситель. Для получения арболита со средней плотностью в среднем 450 кг/м<sup>3</sup> соотношение компонентов, входящих в состав, должно быть следующим (масс.%): вяжущее – 30–35; лигнин – 40–45; древесные опилки – 25–30.

Технологическая последовательность смешения компонентов состава следующая: из бункеров лигнина и опилок через дозаторы АВДИ-1200М в заданном соотношении (1,8:1) поступают в бетоносмеситель для приготовления арбо-

литовой массы. Одновременно в бетоносмеситель через дозатор поступает приготовленный состав вяжущего. Смесь перемешивается в течение 2–3 мин, пока вяжущее сохраняет жизнеспособность. Для перемешивания используется стационарный бетоносмеситель периодического действия с емкостью смесительного барабана 1000 л. Объем готового замеса 800 л, число замесов за 1 ч не менее 20.

Изделия из лигнополимерсиликатного состава формуруются в виде плит и блоков. Формование производится в металлических формах, снабженных крышками, которые снимают после приобретения арболитом распалубочной прочности. Уложенная смесь уплотняется с помощью вибропресса. Далее тележка с формой перемещается на пост выдержки. Вибрирование происходит без пригрузов, продолжительность уплотнения в среднем 1 мин. Режим уплотнения устанавливается опытным путем, он должен обеспечить получение арболита прочностью не менее 0,87 МПа при плотности 450 кг/м<sup>3</sup>.

Чтобы возводить стены из блоков лигнополимерсиликатного арболита, необходим скрепляющий раствор (клей-мастика), по теплопроводности близкий к стеновому материалу. Предложен клеящий со-

став, включающий те же компоненты, что и в полимерсиликатной связке для арболита, но только с увеличенным расходом микронаполнителя – лигнина и без пенообразователя. Кроме снижения теплопроводности порошок лигнина, вводимый в избытке, доводит консистенцию связки до пастообразного состояния и ускоряет ее твердение при нормальной температуре за счет действия кислотных остатков в частицах микронаполнителя [3].

**Список литературы**

1. Хрулев В.М., Шибаева Г.Н., Соломонова Е.Б. Теплоизоляционный материал из древесных отходов на полимерсиликатном вяжущем // Сб. Актуальные проблемы градостроительства и жилищно-коммунального комплекса. М.: МИКХиС, 2003. С. 340–342.
2. Магдалин А.А., Хрулев В.М., Мартынов К.Я., Плотникова Т.Н. Тепло- и гидроизоляционные материалы из лигнина и эффективность их применения. Абакан: Хакасск. книжн. изд. 1994. 48 с.
3. Нелюбина Н.А., Соломонова Е.Б. Строительные клеи на основе лигнополимерсиликатных композиций // Изв. вузов. Строительство. Новосибирск. 2005. № 1. С. 31–33.



**СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО  
СКБ СТОЙПРИБОР**  
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Лицензия Госстандарта РФ на изготовление средств измерений №000110-ИР  
Приборы сертифицированы, имеют энергонезависимую память, режим связи с ПК.

**ПГМ-100 / ПГМ-500 / ПГМ-1000**

Прессы испытательные гидравлические малогабаритные на 100, 500 и 1000 кН. Снабжены электрическим приводом (сеть 220 В, 50 Гц) и тензометрическим силоизмерителем. Диапазон нагрузок 1...100 / 5...500 / 10...1000 кН



**ПОС-30(50)МГ4 «Отрыв»**

Измерители прочности бетона методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.  
Диапазон.....5... 100 МПа  
Максимальное усилие вырыва анкера:  
ПОС-30МГ4.....29,4 кН(3000кгс)  
ПОС-30МГ4.....49,0 кН(5000кгс)



**ПСО-МГ4**

Измерители прочности сцепления защитных и облицовочных покрытий с основанием по ГОСТ 28089, ГОСТ 28574, а также усилия вырыва анкерных болтов и тарельчатых дюбелей.  
Максимальное усилие отрыва:  
ПСО-2,5МГ4.....2,45кН (250кгс)  
ПСО-5МГ4.....4,9кН (500кгс)  
ПСО-10МГ4.....9,80кН (1000кгс)



**Влагомер-МГ4У**

Измеритель влажности древесины, бетона, сыпучих по ГОСТ 16588 и ГОСТ 21718.  
Может комплектоваться зондовым преобразователем.  
Диапазон измерения влажности .....1...60%



**ИПА-МГ4**

Измеритель защитного слоя бетона, расположения и диаметра арматуры железобетонных конструкций магнитным методом по ГОСТ 22904.  
Диапазон измерения защитного слоя.....3... 100 мм  
При диаметре стержней.....3... 40 мм



**ИПС-МГ4.03**

Измеритель прочности бетона, раствора методом ударного импульса по ГОСТ 22690.  
Расширенный режим измерений с возможностью выбора вида заполнителя, возраста и условий твердения бетона.  
Диапазон измерения прочности.....3...100 МПа



**ПОС-50МГ4 «Скол»**

Измерители прочности бетона методами скалывания ребра и отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.  
Диапазон:  
методом скалывания ребра.....10... 70 МПа  
методом отрыва со скалыванием.....5... 100 МПа



**ПОС-2МГ4П**

Измеритель прочности ячеистых бетонов методом вырыва спирального анкера.  
Предусмотрена возможность корректировки результатов испытаний в зависимости от влажности бетона.  
Диапазон.....0,5...8 МПа



**ИТП-МГ4 «100/250»**

Измерители теплопроводности и термического сопротивления материалов при стационарном режиме по ГОСТ 7076 и методом теплового зонда по ГОСТ 30256.  
Диапазон.....0,02...1,5 Вт/м·К



**Измерители теплопроводности, плотности тепловых потоков, параметров вибрации, влажности строительных материалов. Термометры, гигрометры, анемометры, пирометры, толщинометры, твердомеры, дефектоскопы, лазерные дальнометры.**

**454084, г. Челябинск, а/я 8538, ул. Калинина, 11г, тел./факс (351) 790-16-85, 790-16-13,  
г. Москва, тел.(095) 964-95-63, 220-38-58 сот. 8912-479-58-81  
E-mail: stroypribor@chel.surnet.ru http://www.stroypribor.ru**

18

научно-технический и производственный журнал

январь 2006

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ®**

УДК 666.973

Ю.А. МАТРОСОВ, канд. техн. наук, НИИСФ,  
В.Н. ЯРМАКОВСКИЙ, канд. техн. наук, НИИЖБ (Москва)

## Энергетическая эффективность зданий при комплексном использовании модифицированных легких бетонов

Энергетическая эффективность здания – это свойство здания и его инженерных систем обеспечивать заданный уровень расхода тепловой энергии для поддержания оптимальных параметров микроклимата помещений. Под тепловой защитой здания понимаются теплозащитные свойства совокупности его наружных и внутренних ограждающих конструкций, обеспечивающие заданный уровень расхода тепловой энергии (теплопотуплений) здания с учетом воздухообмена помещений не выше допустимых пределов, а также их воздухопроницаемость и защиту от переувлажнения при оптимальных параметрах микроклимата помещений. Нормируемые параметры тепловой защиты зданий и энергетическая эффективность здания установлены в СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

По основополагающим принципам СНиП 23-02-2003 – это совершенно новый документ как по своей структуре и области применения, так и по устанавливаемым им критериям теплозащиты зданий, методам контроля, характеру и уровню энергоаудита, согласованности с европейскими стандартами. В документе установлены две группы обязательных к исполнению взаимосвязанных критериев тепловой защиты здания и два способа проверки на соответствие этим критериям.

В табл. 3 СНиП 23-02-2003 представлена **классификация энергетической эффективности зданий** по степени отклонения расчетных или измеренных нормализованных значений удельных расходов тепловой энергии на отопление здания от нормируемого значения: классы **A, B и C** – соответственно очень высокий, высокий и нормальный. Классы **A и B** устанавливаются для вновь возводимых и реконструируемых зданий на стадии разработки проекта и впоследствии уточняются по результатам эксплуатации.

В СНиП 23-02-2003 и в СНиП 31-01 «Здания жилые, многоквартирные» предусмотрена обязательная разработка нового раздела проекта зданий «Энергоэффективность», в котором должны быть представлены сводные показатели энергоэффективности проектных решений.

Ограждающие конструкции зданий должны обеспечивать нормируемое сопротивление теплопередаче с минимумом теплопроводных включений и герметичностью стыковых соединений в сочетании с надежной пароизоляцией, максимально сокращающей проникновение водяных паров внутрь ограждения и исключающей возможность накопления влаги в процессе эксплуатации. В то же время ограждающие конструкции должны обладать необходимой прочностью, жесткостью, устойчивостью, долговечностью, а также надежностью обеспечения теплозащитных функций в период времени эксплуатации здания. С внутренней и наружной сторон ограждающие конструкции должны иметь защиту от внешних воздействий. Кроме того, они должны удовлетворять общим архитектурным, эксплуатационным, санитарно-гигиеническим требованиям, требованиям ремонтнопригодности.

Различают два основных вида наружных стен по числу основных слоев – однослойные и многослойные.

Практически однослойные стены в виде кладки из блоков и перемычек целесообразно выполнять из конкурентоспособного и востребованного на строительном рынке материала для ограждающих конструкций, как например, разработанный НИИЖБ модифицированный полистиролбетон на низкотеплопроводном и низкосорбционно-активном композиционном вяжущем (МПСБ) [1, 2].

Ниже приведены основные технические характеристики МПСБ для сборных изделий и конструкций (стенных блоков, перемычек и теплоизоляционных плит).

Плотность, кг/м <sup>3</sup> .....	250–350
Коэффициент теплопроводности $\lambda_B$ , Вт/(м·°C), для условия «Б» по СНиП при использовании:	
шлакопортландцемента (ШПЦ) .....	0,08–0,112
малоклинкерного композиционного вяжущего (МКВ) .....	0,06–0,081
Морозостойкость, марка .....	F100–F200
Усадка при использовании, мм/м:	
ШПЦ .....	не более 1,5
МКВ .....	не более 1

В сравнении с применяемыми в настоящее время в России для производства стеновых блоков традиционными ячеистыми бетонами (безавтоклавный пенобетон с плотностью 600–700 кг/м<sup>3</sup>, автоклавный газосиликат – 450–550 кг/м<sup>3</sup>) МПСБ имеет ряд преимуществ. Минимально возможная плотность при требуемой достаточной для блоков самонесущих стен прочности меньше в сравнении с пенобетоном в 2–2,4 раза, а в сравнении с газосиликатом – в 1,6–1,8 раза; сорбционная (равновесная) влажность меньше в 2–3,4 раза, величина  $\lambda_B$  – в 2,5–2,8 раза; усадка – в 2–2,5 раза, морозо-



Рис. 1. Строительство жилого здания в Иркутске с трехслойными кирпичными стенами при среднем слое из монолитного полистиролбетона марки по плотности D200–D250



**Рис. 2.** Строительство коттеджа в Иркутской области со стеновыми блоками из модифицированного полистиролбетона

стойкость выше в 2–3 раза. Стоимость 1 м<sup>2</sup> стеновой кладки из МПСБ исходя из стоимости материалов и технологии изготовления с учетом преимущества в теплофизических характеристиках меньше на 30–50 % (в зависимости от вида применяемого вяжущего).

Такие стены применимы для зданий, строящихся в регионах, имеющих до 9000 градусо-суток отопительного периода (т. е. для подавляющего большинства регионов России) при толщине блока не более 300–400 мм. Особенно эффективны и высоко востребованы такие бетоны при строительстве жилых зданий в районах Сибири (рис. 2, 3).

Еще более эффективен для применения в ограждающих конструкциях с высокими теплозащитными свойствами монолитный полистиролбетон с высокопоризованной и пластифицированной матрицей (МПВМ). В частности, более высокая теплотехническая эффективность его в наружных стенах обусловлена меньшей возможной плотностью и, следовательно, теплопроводностью, отсутствием швов из относительно высокотеплопроводного ( $\lambda_B=0,87-0,93$  Вт/(м·°С) цементно-песчаного раствора в стеновой кладке, которые уменьшают до 35 % в зависимости от толщины шва сопротивление теплопередаче стены.

МПВМ применяется при возведении самонесущих наружных стен в основном каркасных зданий в несъемной опалубке различных видов, выполняющей одновременно в фасадах защитно-декоративные функции, или для утепления плит покрытий, чердачных перекрытий и перекрытий над техподпольями.

Особенно эффективно применение монолитной теплоизоляции из МПВМ при возведении стен зданий в сейсмически активных районах, например в Иркутске (рис. 1). В таких районах применение стеновой кладки из легкобетонных блоков возможно только для малоэтажного строительства (рис. 2).

При величине плотности полистиролбетона от 150 кг/м<sup>3</sup> (для коттеджей и малоэтажных зданий) до 250 кг/м<sup>3</sup> (для многоэтажных зданий) величина  $\lambda_B$  при использовании порландцемента составляет 0,06–0,09 Вт/(м·°С), а при использовании ШПЦ – 0,055–0,08 Вт/(м·°С). Высокопоризованные (объем воздуха до 35%), пластифицированные и практически нерасплаивающиеся при технологических переделах полистиролбетонные смеси изготавливаются непосредственно на строящемся объекте, транспортируются бетононасосами и укладываются в опалубку без виброуплотнения с помощью специальной мобильной установки.

Возводимые в несъемной опалубке с применением монолитного полистиролбетона практически трехслойные стены представляются значительно более эффективными в сравнении с традиционными трехслойными

железобетонными стеновыми панелями с плитным утеплителем из пенополистирола или минеральной ваты и связями различных видов. Обусловлены эти преимущества главным образом тем, что в сравнении с указанными традиционными утеплителями МПВМ при достаточно близких значениях теплопроводности отличается повышенной в 2–3 раза долговечностью и надежностью в эксплуатации; повышенной на 30–50% обеспеченностью теплофизических свойств во времени эксплуатации (расчетный срок – 100 лет); повышенной огнестойкостью и экологической чистотой; существенно более низкой (в 2–2,5 раза) стоимостью [1].

Стоимость же 1 м<sup>2</sup> стены с монолитной теплоизоляцией из МПВМ с учетом стоимости несъемной опалубки меньше на 10–15% в сравнении с трехслойными железобетонными панелями с традиционными утеплителями. К этому следует добавить, что трехслойные стены с использованием МПВМ исключают накопление влаги между слоями и обеспечивают более комфортные условия жилища. Стены с таким решением применимы для любого расчетного количества градусо-суток климатических регионов России при толщинах 30–60 см с учетом несъемной опалубки.

Тепловая защита здания, а следовательно, и его энергетическая эффективность во многом зависят от теплотехнической однородности ограждений. Последняя может быть существенно повышена, если легкие бетоны применять не только в стенах, покрытиях в качестве утеплителя или конструкционно-теплоизоляционного материала, но и в элементах несущего каркаса здания или в несущих конструкциях зданий смешанной системы. Действительно, в соответствии с данными СП 23-101–2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» величина  $\lambda_B$  конструкционных легких бетонов классов по прочности при сжатии В15–В50 с маркой по плотности соответственно D1600–D1900 составляет 0,79–0,99 Вт/(м·°С), в то время как для тяжелого бетона на плотном природном заполнителе – 1,86 Вт/(м·°С).

Теплотехнические расчеты показывают, что заменяя тяжелый бетон в несущих конструкциях зданий на низкотеплопроводный легкий, можно существенно выиграть в теплотехнической однородности ограждения и, следовательно, либо в сокращении расчетной толщины наружной стены на 10–20%, либо при сохранении толщины – в снижении энергозатрат на отопление здания, т. е. в повышении его энергоэффективности.

Конструкционные легкие бетоны (керамзитобетон, шлакопемзобетон) с модифицированной структурой,



**Рис. 3.** Возведение монолитного несущего каркаса из легких бетонов на пористом шлаковом гравии Новолипецкого металлургического комбината и наружных стен с монолитной теплоизоляцией из полистиролбетона (облицовка кирпичом) при строительстве жилого здания в г. Воронеже

обладающие при достаточно высокой для элементов монолитных несущих каркасов зданий, в том числе высотных, прочностью при высокоподвижных смесях и в то же время относительно низкой теплопроводностью, разработаны в НИИЖБ и успешно применяются в практике современного строительства.

Примерами зданий, в которых достигнут при минимальных материальных затратах высокий уровень тепловой защиты и соответственно высокая энергоэффективность, являются строящиеся в последние два-три года каркасные жилые здания в Воронеже. Наружные стены возводятся трехслойными с монолитной теплоизоляцией из полистиролбетона марки D200 в несъемной опалубке различных видов, а элементы несущего каркаса выполняются из легких бетонов классов до В40 на пористом шлаковом гравии Новолипецкого металлургического комбината (рис. 3).

Такое комплексное применение в ограждающих и несущих конструкциях модифицированных легких бетонов способствует не только повышению энергоэффективности здания, но и обуславливает возможность снижения массы здания до 30%, соответственно уменьшение нагрузки на основание и фундаменты, сокращение расхода арматуры в фундаментах на 10–15%; повышение пожаробезопасности здания.

Такой эффект позволяет рекомендовать комплексное применение модифицированных легких бетонов различных видов в строительстве высотных зданий [3, 4], которые должны характеризоваться только высокими классами энергоэффективности (классы «А» и «Б» по СНиП 23-02–2003).

Использование созданной системы современных норм и стандартов в области строительной теплотехники в комплексе с новым поколением модифицированных легких бетонов, применяемых и в ограждающих, и

в несущих конструкциях зданий, обеспечивает условия для необходимого преобразования рынка перспективных строительных технологий, приводит к повышению надежности тепловой защиты и значимому энергосбережению при эксплуатации зданий, повышает тепловой комфорт в жилых помещениях и снижает зависимость микроклимата в них от аварийных и экстремальных ситуаций.

**Список литературы**

1. Чиненков Ю.В., Ярмаковский В.Н. Модифицированные полистиролбетоны в ограждающих конструкциях зданий и инженерных сооружений // Строит. материалы: архитектура. № 2. Приложение к журналу «Строительные материалы» 2004. № 4. С. 13–17.
2. Ярмаковский В.Н. Композиционные вяжущие для легких бетонов с высокими показателями теплотехнического качества // Труды международной научно-практической конференции «Наука и технология силикатных материалов – настоящее и будущее». Т. IV. Москва, 14–17 октября 2003 г. С. 300–307.
3. Матросов Ю.А. Энергетическая эффективность высотного домостроения. Информационный сборник №1 «Уникальные и специальные технологии с строительстве г. Москвы». Центр новых строительных технологий, М., 2004. С. 100–106.
4. Матросов Ю.А., Ярмаковский В.Н. Рекомендации по проектированию тепловой защиты и энергоэффективности высотных зданий. Информационный сборник №2 «Новые материалы, конструкции, оборудование и технологии в строительном комплексе г. Москвы». Центр новых строительных технологий, М., 2005. С. 24–35.

**14–16 марта 2006 г.**

**Москва, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»,  
павильон №1, зал №1**



**Выставка приурочена к профессиональному празднику – Дню работника ЖКХ и призвана ознакомить потенциальных потребителей строительного, дорожно-строительного и коммунального оборудования с последними достижениями в этой области.**

**«Передовые технологии и оборудование в жилищно-коммунальном хозяйстве Подмосковья»**

**Организаторы выставки:**

*Правительство Московской области  
Министерство жилищно-коммунального хозяйства Московской области  
Московская общественная научно-техническая организация строителей*

**Основные цели выставки:**

содействие реформированию и развитию жилищно-коммунального комплекса Московской области;  
привлечение инвестиций в коммунальный и дорожно-строительный секторы экономики с использованием лизинга и товарного кредита;  
внедрение передовых строительных и коммунальных технологий и оборудования;  
содействие в реализации региональных и муниципальных программ технического перевооружения.

**Основные тематические разделы выставки:**

- ремонт и обслуживание жилищного фонда, благоустройство территории и озеленение;
- вывоз, переработка бытовых и промышленных отходов;
- строительные материалы и конструкции;
- дорожные работы и дорожно-строительная техника;
- спецтехника и городской транспорт;
- системы противопожарной защиты;
- электротехническое оборудование и технологии;
- газоснабжение и эффективное использование газа;
- модернизация жилищного комплекса;
- системы энергообеспечения;
- отопление, вентиляция и кондиционирование;
- приборы коммерческого учета и контроля энергоносителей, средства автоматизации;
- кровельные и изоляционные системы;
- теплоэнергосберегающие материалы и технологии;
- наружные сети водопровода и канализации, очистные сооружения;
- современное сантехническое оборудование;
- материалы и оборудование садово-паркового хозяйства;
- санитарная очистка населенных мест от ТБО.

**Оргкомитет: т/ф. (495) 917-88-10, 917-86-31, 916-02-83  
E-mail: montos@inbox.ru**

**тел. (495) 917-77-70  
www.montos.org**

Б.М. РУМЯНЦЕВ, д-р техн. наук, Московский государственный строительный университет, А.А. ФЕДУЛОВ, канд. техн. наук, ООО «КНАУФ-Сервис» (г. Красногорск Московской обл.)

## **Перспективы применения гипсовых материалов в высотном строительстве**

Развитие современного строительства и работы по реконструкции старых зданий невозможно представить без применения широкой номенклатуры материалов на основе гипса, которые используются для внутренней отделки помещений. Особенно актуальным применение гипсовых материалов становится в связи с развитием высотного строительства, выдвигающего дополнительные требования к отделочным и изоляционным материалам, направленные на снижение материалоемкости зданий, обеспечение безопасности при воздействии статических и динамических нагрузок, создание акустического комфорта путем эффективного гашения воздушных и структурных шумов, обеспечение огнезащиты несущих конструкций и создание условий эвакуации персонала в условиях пожара. Особое внимание уделяется экологической чистоте материалов, применяемых для обустройства интерьера зданий. Всем этим требованиям в значительной мере отвечают материалы с применением гипсовых вяжущих [1]. К наиболее перспективным гипсовым отделочным материалам относятся гипсокартонные (ГКЛ) и гипсоволокнистые (ГВЛ) листы, которые широко применяются при сухом способе отделки помещений.

Основным поставщиком ГКЛ- и ГВЛ-листов на российский строительный рынок является фирма

КНАУФ, чьи предприятия произвели в России в 2005 г. 200 млн м<sup>2</sup> ГКЛ и более 20 млн м<sup>2</sup> ГВЛ. Рост производства и применения ГКЛ и ГВЛ в строительстве обусловлен тем, что они поставляются вместе с большим количеством комплектующих материалов, которые образуют разнообразные комплектные строительные системы, позволяющие монтировать легкие перегородки, облицовки стен, подвесные потолки, сборные основания полов. Все это сопровождается нормативно-технической документацией, специальным инструментом и подготовкой рабочего персонала.

Наибольшее количество гипсовых листовых материалов идет на устройство перегородок различного назначения, основные характеристики которых приведены в табл. 1.

Отличительной чертой перегородок из ГВЛ является их низкая материалоемкость. Перегородки из кирпича и ячеистого бетона толщиной 120 и 160 мм имеют соответственно массу\* 1 м<sup>2</sup>, 200–220 и 90–120 кг при близких показателях по огнестойкости и изоляции воздушного шума. Трудозатраты на устройство 1 м<sup>2</sup> перегородки из кирпича и мелких ячеистых блоков соответственно в 3,1 и 2,7 раза выше, чем затраты на устройство перегородки С112.

У перегородок из ГКЛ значительно меньше масса 1 м<sup>2</sup>, лучше показатели по шумозащите, в несколько раз

**Таблица 1**

Тип	Схема перегородки	Толщина обшивки, мм	Масса 1 м <sup>2</sup> , кг	Класс огнестойкости	Индекс изоляции воздушного шума, Дб
С 111		2×12,5	25	F 30	45
С 112		2×12,5	50	F 60	50
С 115		2×12,5	55	F 90	55
С 116		2×12,5	60	F 120	49

\* Согласно СИ распределение массы по поверхности, измеряемое массой, приходящейся на единицу площади, называется поверхностной плотностью и измеряется в кг/м<sup>2</sup>. В данной статье редакция посчитала возможным оставить авторский вариант величины в связи со сложившейся традицией.

Таблица 2

Тип перегородки	Вид обшивки	Размер профиля/толщина перегородки, мм	Максимальная высота перегородки, м	Воспринимаемый изгибающий момент, кНм
С 111	Однослойная 1×12,5 мм, 25 кг/м <sup>2</sup>	50/75	3	1,5
		75/100	4,5	2
		100/125	5	2,5
С 112	Двухслойная 2×12,5 мм, 50 кг/м <sup>2</sup>	50/100	4	2
		75/125	5,5	2,6
		100/150	6	3,2

Таблица 3

Подвесной потолок		Максимальный изгибающий момент, кНм		Максимальное смещение, мм		Разрушающий момент, кНм	
Обшивка	Размер потолка, м	Подвеска		Подвеска		Подвеска	
		мягкая	жесткая	мягкая	жесткая	мягкая	жесткая
Однослойная 1×12,5, мм 12,5 кг/м <sup>2</sup>	3×5	0,2	0,2	22,3	3	0,186	0,186
	7×15		0,005	27			
	10×10	0,15		25			
Двухслойная 2×12,5, мм 25 кг/м <sup>2</sup>	3×5	0,35	0,05	44	7,4	0,222	0,222
	7×15		0,015	50			
	10×10	48		8			

ниже трудозатраты на устройство. Себестоимость смонтированного 1 м<sup>2</sup> перегородки из ГКЛ существенно ниже, чем из других материалов. Значительное снижение массы перегородок приводит к уменьшению материалоемкости несущих железобетонных конструкций и нагрузок на фундамент.

В соответствии со СНиП II-7-81\* перегородки из гипсокартонных и гипсоволокнистых листов относятся к легким перегородкам каркасной конструкции, поэтому им следует отдавать предпочтение при строительстве высотных зданий и зданий с повышенными сейсмическими требованиями. Каркасные перегородки с обшивкой листовым материалом в силу своей малой массы очень хорошо сохраняются при деформациях зданий от ветровых нагрузок. Использование металлических профилей для изготовления каркаса в сочетании с листовыми материалами, закрепляемыми к каркасу с помощью самонарезающих винтов, создает большое количество участков пластического деформирования, что благоприятно сказывается на стойкости перегородок.

В то же время, по данным исследований сектора сейсмостойких конструкций зданий ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, сохранность самих перегородок при деформациях от воздействия ветровых нагрузок определяется в значительной степени конструкциями узлов крепления перегородок к несущим конструкциям зданий и узлов примыкания перегородок друг к другу. Эти узлы определяют характер взаимодействия перегородок и несущих конструкций здания при деформациях от ветровых нагрузок. Именно повреждение перегородок могут приносить основной ущерб от горизонтальных предельных перемещений, создаваемых ветровыми нагрузками. Повреждение перегородок от горизонтальных перемещений при ветровых нагрузках часто определяется наличием возможности относительных перемещений перегородки и несущих конструкций здания.

Согласно СНиП 2.01.02-85\* горизонтальные предельные перемещения стен и перегородок на этаже многоэтажного каркасного здания в зависимости от креплений (податливые или жесткие) могут составлять от  $h_s/300$  до  $h_s/500$ , где  $h_s$  – высота этажа. При высоте этажа 3 м перемещение составляет 6–10 мм.

В случае жесткого крепления перегородок к потолкам и стенам относительные смещения соседних перекрытий при горизонтальных перемещениях могут привести к повреждениям, а при достаточно высоких перегородках – к их полному разрушению. Для обеспечения сохранности перегородок следует использовать подвижные узлы крепления к потолкам и стенам. Кон-

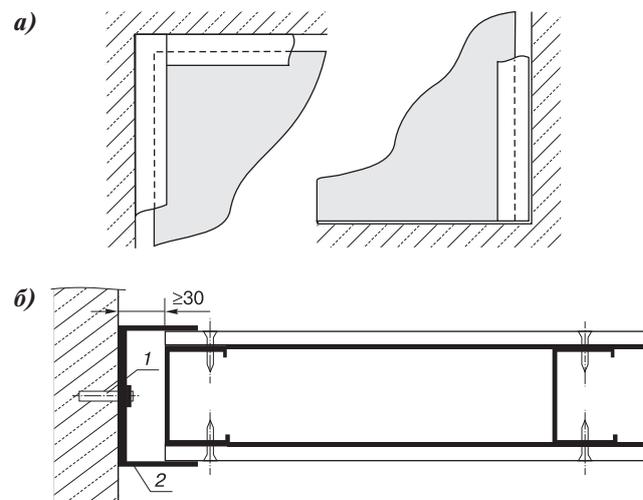


Рис. 1. Схема и узлы сопряжения перегородки КНАУФ: а) статическое разделение несущей перегородки; б) узел сопряжения перегородки и стены: 1 – дюбель, 2 – усиленный U-образный профиль (толщина металла  $\delta = 1$  мм)

струкция этих узлов должна обеспечивать восприятие местных нагрузок, действующих на перегородку перпендикулярно ее плоскости, и допускать возможность ее расчетного смещения относительно точек крепления в направлении плоскости перегородки.

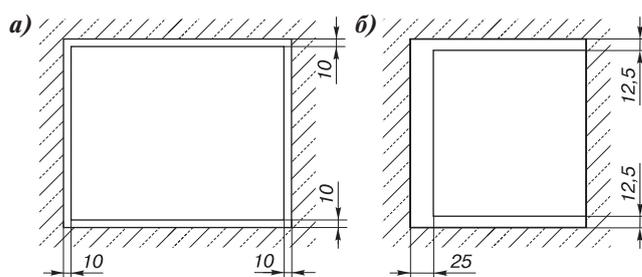
Конструкции таких перегородок для высотных и строящихся в сейсмически опасных зонах зданий разработаны техническими специалистами КНАУФ в Илхофене [1]. Воспринимаемые горизонтальные смещения для перегородок и максимальные смещения и моменты разрушения подвесных потолков КНАУФ приведены соответственно в табл. 2 и 3, а схемы конструкций показаны на рис. 1 и 2.

На рис. 1 и 2 видно, что перегородки и подвесные потолки КНАУФ имеют возможность достаточных горизонтальных перемещений при воздействии ветровых нагрузок. В случае небольших деформаций здания может возникнуть только трещинообразование по периметру рассматриваемых конструкций, что позволит минимизировать затраты на ремонт. Поэтому конструкции перегородок и подвесных потолков из ГКЛ и ГВЛ на металлическом каркасе являются наиболее перспективными при строительстве высотных зданий.

Ценной особенностью гипсовых материалов является их низкая горючесть. По классификации СНиП 21-01-97\* большинство таких материалов относится к группе Г1, реже к Г2. В связи с этим строительные конструкции с применением гипсовых материалов отличаются высокой огнестойкостью.

Во ВНИИПО испытывались на огнестойкость конструкции, состоящие из одинарного и двойного металлического каркаса, обшитого одним или двумя слоями ГВЛ (табл. 4). В качестве заполнителя использовалась минераловатная плита толщиной 50 и 70 мм при средней плотности 40 и 70 кг/м<sup>3</sup> соответственно. Испытания показали, что конструкция перегородок с двумя слоями ГВЛ сохраняет свою целостность и теплоизоляционную способность не менее 90 мин (EI 90 и EI 150), с одним слоем ГВЛ – не менее 60 мин (EI 60). Перегородки с такими показателями огнестойкости являются эффективной защитой от распространения пламени в горизонтальной плоскости. В сочетании с огнестойкими ГВЛ, применяющимися при устройстве подвесных потолков, перегородки обеспечивают целый комплекс противопожарных мероприятий, связанных с защитой несущих конструкций и созданием условий эвакуации во время пожара [2].

Наряду с динамическими нагрузками и огнезащитными мероприятиями большое значение в высотном строительстве имеет задача создания акустического



**Рис. 2.** Схемы крепления подвесных потолков КНАУФ: а) обшивка не крепится к обрамляющему профилю; б) с одной стороны конструкция крепится к обрамляющему профилю

комфорта. Применение многочисленных машин и механизмов, связанных с обслуживанием высотных зданий, сопровождается образованием воздушных и структурных шумов, распространяющихся по конструкциям. Гашение воздушных шумов возможно путем применения звукопоглощающих гипсовых материалов, выполненных в виде листов со щелевой или круглой перфорацией при устройстве подвесных потолков.

Сочетание ГКЛ с различной перфорацией и эффективным звукопоглотителем обеспечивает получение конструкций класса НСВ-322 (табл. 5). Регулирование величины надпотолочного пространства обеспечивает настройку эффективного звукопоглощения на необходимый частотный диапазон, а применение ГКЛ повышенной огнестойкости (ГКЛО) создает условия для защиты несущих конструкций во время пожара.

Эффективность гашения воздушных шумов (звукоизоляция) межкомнатными перегородками определяется прежде всего их массой.

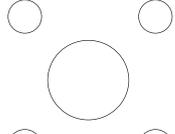
При этом с увеличением массы перегородки со 100 до 800 кг/м<sup>2</sup> ее звукоизолирующая способность увеличивается на 16 дБ. Перегородки КНАУФ при использовании стеклянной или минеральной ваты в качестве поглотителя звуковых колебаний обеспечивают тот же эффект при массе 50–70 кг/м<sup>2</sup>.

Большой интерес для высотного строительства представляют полы сухой сборки, разработанные специалистами КНАУФ на основе гипсоволокнистых листов и засыпок с размером зерен менее 5 мм [3]. Структура полов сухой сборки включает выравнивающий слой засыпки, состоящий из керамзитового песка или других сыпучих негорючих материалов с насыпной плотностью менее 500 кг/м<sup>3</sup> при толщине слоя 40–50 мм, и двух слоев ГВЛ, уложенных вразбежку, склеенных и соединенных шурупами (рис. 3).

**Таблица 4**

Тип перегородки	Общая толщина, мм	Конструкция			Заполнитель			Огнестойкость
		Каркас, размеры профиля	Толщина ГВЛ	Количество слоев облицовки	Наименование	Толщина, мм	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	
С 361	100	Одинарный металлический ПС-75×50×0,6	12,5	1	Плита минераловатная	70	70	EI 60
С 362	125	Одинарный металлический ПС-75×50×0,6	12,5	2	Плита минераловатная	70	70	EI 90
С 363	150	Одинарный металлический ПС-75×50×0,6	12,5	3	Вата минеральная	70	70	EI 150
С 365	190	Двойной металлический ПС-75×50×0,6	10	2	Маты из стеклянного штапельного волокна	50	25	EI 90
С 366	265	Двойной металлический ПС-75×50×0,6 с внутр. зазором 75 мм	10	2	Плита минераловатная	50	40	EI 150

Таблица 5

Наименование показателя	Значение показателя			
	I	II	III	IV
Вид перфорации				
Величина перфорации, %	15,5	9,9	19,8	15,7
Масса 1 м <sup>2</sup> , кг	8,5	9	8	8,4
Коэффициент звукопоглощения на частоте 1000 Гц	0,7	0,69	0,88	0,76

По краям омоноличенный пол имеет зазоры, образованные кромочной лентой, что исключает какое-либо воздействие динамических нагрузок и прохождение структурных шумов от несущих конструкций. При устройстве полов исключены мокрые процессы, не требуется времени для гидратации вяжущих и сушки влажных стяжек. Масса полов сухой сборки в 3–4 раза меньше массы самонивелирующихся полов.

При выполнении требований к засыпкам по насыпной плотности, фракционному составу, коэффициенту формы, воздействию статических и динамических нагрузок полы сухой сборки имеют высокие показатели по изоляции от воздушных шумов не менее 55 дБ, от ударного шума не менее 56 дБ.

Учитывая низкую материалоемкость, высокую огнестойкость и звукоизоляционную способность, полы сухой сборки, выполняемые на основе ГВЛ, должны занять достойное место в высотном строительстве.

Дальнейшее развитие и востребованность гипсовых материалов фирмы КНАУФ на строительном рынке России, и в частности, при высотном строительстве, определяется:

- доступностью сырья в виде гипсового камня, карьеры которого расположены по всей стране;
- относительной простотой и малой энергоемкостью переработки гипсового камня на гипсовое вяжущее;
- широкой номенклатурой изделий, обеспечивающих практически производство всех видов отделочных работ, в том числе в сухой отделке;
- высоким качеством выпускаемых материалов по допускам, чистоте поверхности, возможности создания бесшовной стыковки, экологической чистоте;
- высокими физико-механическими и эксплуатационными показателями изделий на основе гипсового вяжущего, которые легко поддаются модификации за счет вспенивания, дисперсного армирования, введения полимерных и специальных добавок;
- отработанными технологическими циклами установок по производству гипсовых вяжущих и изделий на их основе, обеспечивающими высокую производительность (так, на предприятии «Кнауф Гипс Новомосковск» конвейер линии по выпуску ГКЛ имеет скорость 80 м/мин, что обеспечивает выпуск продукции только одной линией 40 млн м<sup>2</sup> в год);
- подготовкой инженеров-строителей и инженеров-технологов, обеспечивающих выпуск и применение строительных материалов и изделий в комплектных строительных системах КНАУФ;

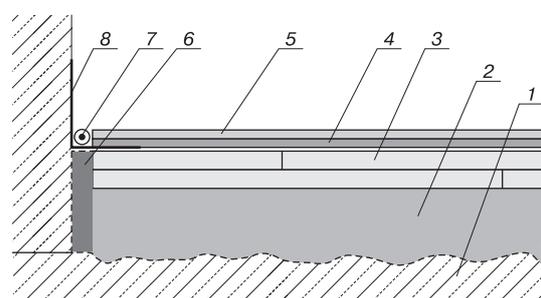


Рис. 3. Схема полов сухой сборки: 1 – пленка полиэтиленовая; 2 – выравнивающий слой засыпки; 3 – ГВЛ; 4 – клей плиточный; 5 – плитка керамическая; 6 – лента кромочная; 7 – герметик; 8 – лента гидроизолирующая

- подготовкой специалистов среднего звена и рабочего персонала в учебных центрах КНАУФ, которые расположены практически во всех регионах России. В настоящее время предприятия КНАУФ, проектные и внедряющие организации активно готовятся к повышению требований к строительным материалам, изделиям и конструкциям в связи с переходом на высотное и сейсмостойкое строительство. Расширение номенклатуры, увеличение выпуска облегченных, дисперсно армированных изделий повышенной прочности и конструкций строительных систем, исключающих прямое воздействие ветровых, вибрационных и других динамических нагрузок, огнестойкость и экологическая чистота увеличивают востребованность материалов и изделий КНАУФ и обеспечивают дальнейшее продвижение передовых технологий в строительстве.

Список литературы

1. Хуммель Х.-У. Многофункциональные гипсовые плиты для сухой внутренней отделки многоэтажных сооружений // Современное высотное строительство. Эффективные технологии и материалы. Сборник докладов II Международного симпозиума по строительным материалам КНАУФ для СНГ. Москва, 10–11 октября 2005 г. С. 57–59.
2. Ройтман В.М. Особенности обеспечения противопожарной защиты высотных зданий // Современное высотное строительство. Эффективные технологии и материалы. Сборник докладов II Международного симпозиума по строительным материалам КНАУФ для СНГ. Москва, 10–11 октября 2005 г. С. 173–180.
3. Федулов А.А., Румянцев Б.М. и др. Методы определения качества засыпок для сборных оснований полов // Строит. материалы. 2002. № 10. С. 9–11.

УДК 69.025

А.Г. ЧУДАЕВ, канд. техн. наук, руководитель группы технологического сопровождения ООО «Строительные системы»; Д.Н. МАЦКЕВИЧ, генеральный директор ЗАО «Ирмаст» (Москва)

## Промышленные полы по технологии MASTERTOP® для предприятий по переработке ТБО

В настоящее время большое внимание уделяется проблеме утилизации твердых бытовых отходов, поэтому актуален вопрос модернизации и реконструкции мусороперерабатывающих заводов. К промышленным полам предъявляются повышенные требования по стойкости к истиранию, статическим и динамическим нагрузкам и ударопрочности.

Бетон — наиболее часто применяемый материал для изготовления высоконагруженных промышленных полов. Он обладает многими положительными качествами: надежностью, высокой износостойкостью, низкой стоимостью, простотой и скоростью укладки. Но у бетона есть и отрицательные качества, в числе которых пористость.

Сама по себе бетонная плита может выдержать очень высокую нагрузку, но верхний слой оказывается самым слабым звеном, что может привести к разрушению всей плиты. Именно верхний слой воспринимает всю неблагоприятную нагрузку при эксплуатации. Если он недостаточно плотен и прочен, то неблагоприятные факторы и вещества проникают в толщу бетона и вызывают разрушение.

При эксплуатации бетонного пола верхний слой постоянно отшелушивается при механической нагрузке, бетон пылит. Чтобы этого избежать, следует устраивать промышленные полы с упрочненным верхним слоем, или топпингом.

Технология устройства полов с топпингом состоит в том, что в верхний слой свежеуложенного бетона втирается материал из серии MASTERTOP®. Применение материалов MASTERTOP® повышает прочность бетона при сжатии и изгибе, ударостойкость, износостойкость, обеспыливает и улучшает внешний вид бетонного пола. Особенно важным является тот факт, что использование материалов MASTERTOP® повышает плотность верхнего слоя покрытия, уменьшая его пористость и устраняя таким образом упомянутое выше основное отрицательное качество бетона.

Материалы MASTERTOP® представляют собой готовые к употреблению кварцсодержащие сухие смеси (MASTERTOP® 100) с добавлением металлических (MASTERTOP® 200, 210 и 230) или корундовых заполнителей (MASTERTOP® 450). После этого на поверхность наносится пленкообразующее средство MASTERKURE® 113 или 114, которое предотвращает

испарение влаги с поверхности бетона и снижает риск образования трещин при твердении бетона.

Технология устройства промышленных полов с использованием материалов MASTERTOP® была применена на одном из предприятий по переработке ТБО в Липецке. В связи с техническим перевооружением предприятия было принято решение о проведении реконструкции здания. Проблемным местом являлась площадка для выгрузки ТБО из грузового транспорта в технологические каналы, находящаяся под навесом на открытом воздухе. Было принято решение устроить на ней промышленные полы с топпингом по технологии MASTERTOP®. Аналогичная технология была одобрена и для конструкции полов на территории всего предприятия.

После анализа исходных требований было разработано следующее конструктивное решение (послойно сверху вниз):

- защитное покрытие MASTERKURE® 113;
- упрочненный слой с топпингом MASTERTOP® 100 натурального цвета;
- слой бетона класса не менее В22,5 толщиной до 200 мм, армированный двойным плоским каркасом из арматуры Ø 8 класса А-III с шагом 200 мм;
- полиэтиленовая пленка (на некоторых участках она заменена на обильное увлажнение основания);
- грунт основания с утрамбованным щебнем глубиной не менее 40 мм.

Порядок проведения основных технологических операций по устройству пола приведен ниже.

1. Укладка полиэтиленовой пленки на утрамбованный щебень (или обильное увлажнение основания) для предотвращения ухода влаги в грунт при укладке бетона.
2. Установка арматурных каркасов.
3. Устройство дилатационного контура из листового закрытоячеистого пенополиэтилена в местах примыкания к кромкам технологических каналов.
4. Приемка и укладка бетонной смеси. Для уплотнения бетона использован глубинный вибратор, для разравнивания применялась рейка в виде металлического уголка (рис. 1).



Рис. 1.



Рис. 2.



Рис. 3.



Рис. 4.

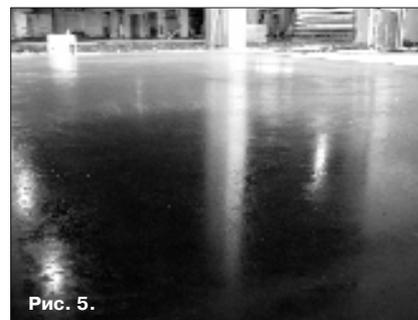


Рис. 5.

5. Обработка бетонной поверхности затирочной машиной с диском (рис. 2). Обработка поверхности произведена после технологического перерыва длительностью 3—4 ч для набора бетоном прочности до момента, когда при наступании на поверхность остаются следы не глубже 5 мм.
6. Первое нанесение материала MASTERTOP® 100 на поверхность бетона из расчета около 3,5 кг/м<sup>2</sup>.
7. Первая затирка MASTERTOP® 100 затирочной машиной с диском.
8. Второе нанесение материала MASTERTOP® 100 на поверхность бетона из расчета около 1,5 кг/м<sup>2</sup>.
9. Вторая, третья и четвертая затирки MASTERTOP® 100 (рис. 3) затирочной машиной с диском.
10. Первое выглаживание поверхности бетона затирочной машиной с лопастями произведено после частичной утраты поверхностью своего блеска и первоначального ее отверждения (рис. 4).
11. Второе выглаживание поверхности бетона с небольшим увеличением угла атаки лопастей затирочной машины.
12. Третье и последующие выглаживания с постепенным увеличением угла атаки лопастей до придания поверхности бетона металлического блеска (рис. 5).
13. Покрытие поверхности средством по уходу MASTERTKURE® 113 из расчета 0,1 л/м<sup>2</sup>.
14. Нарезка температурно-усадочных швов с последующим их заполнением полиуретановым химически стойким герметиком MASTERFLEX® 474.

Применение описанного решения и технологии позволили удовлетворить все технические требования заказчика, предъявленные к конструкции промышленного пола. Таким образом, технология устройства промышленных полов по системе «MASTERTOP®» в полной мере отвечает запросам и условиям эксплуатации покрытий пола на мусороперерабатывающих заводах, а также станциях и предприятиях по переработке и сортировке твердых бытовых отходов.

ООО «Строительные системы»

Тел./факс: (495) 482-16-65, 482-18-90

Россия, 127106 Москва, ул. Гостиничная, 9, корп. 4

E-mail: [emaco@imast-a.ru](mailto:emaco@imast-a.ru)

**ИРМНСТ**  
ГРУППА ПРЕДПРИЯТИЙ

[www.stroysist.ru](http://www.stroysist.ru)

**degussa.**  
creating essentials

23 - 26  
М А Я

ОМСК  
2006

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР "ИНТЕРСИБ" ПРИГЛАШАЕТ НА ВЫСТАВКИ:

**В объединенной экспозиции:**

- 

**СТРОЙПРОГРЕСС**  
11-я специализированная выставка  
Строительство и архитектура, оборудование,  
инструменты, материалы и конструкции.
- 

**ЖКХ - СТАНДАРТЫ БУДУЩЕГО**  
3-я специализированная выставка  
Инфраструктура, развитие и благоустройство  
населенных пунктов. Газификация. Утилизация  
отходов. Экология. Энергоресурсосбережение.
- 

**ДРЕВСТРОЙЭКСПО**  
7-я специализированная выставка  
Лесопродукция. Оборудование для деревообра-  
тывающей и мебельной промышленности.
- 

**ДОРОГИ. МОСТЫ**  
3-я специализированная выставка.  
Дорожная техника. Оборудование. Технологии  
строительства, реконструкции, ремонта  
и содержания дорог, мостов, путепроводов.



**СИБИРСКАЯ  
СТРОИТЕЛЬНАЯ  
НЕДЕЛЯ**

Генеральный информационный спонсор:  
"Строй Бизнес Маркет"  
125080, 11/11/11/11/11

Организатор: МВЦ "ИнтерСиб", тел. (3812) 25-84-87,  
факс (3812) 25-72-02, E-mail: [fair@intersib.ru](mailto:fair@intersib.ru), <http://www.intersib.ru>

УДК 624.21:691.1

В.А. УТКИН, канд. техн. наук, Т.А. ШИШОВА, канд. техн. наук, П.Н. КОБЗЕВ, инженер, Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, Н.Е. РЫЧИЛОВ, первый заместитель начальника управления ОГУ «Омскавтодор» (Омск)

## О применении древесины для строительства мостов нового поколения в Омской области

На автомобильных дорогах Омской области, а особенно в лесных районах, построено и эксплуатируется большое количество деревянных мостов. Эксплуатационное состояние большинства из них аварийное или близкое к нему и требует незамедлительных мер по замене их новыми сооружениями. Грузоподъемность этих мостов не соответствует действующим нормативным документам, в которых к деревянным мостам предъявляются равные с мостами капитального типа требования.

Несмотря на то, что для капитальных мостов рекомендованы бетонные, железобетонные и стальные конструкции, а для малых и средних мостов преимущественно железобетонные, применение деревянных пролетных строений становится экономически оправданным, если они отвечают современным требованиям по грузоподъемности, габаритам, длинам перекрываемых пролетов и долговечности.

В Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии на кафедре «Мосты» начиная с 1998 г. в этом направлении ведутся научно-исследовательские работы. Получено 4 патента РФ на изобретение и 4 патента на полезную модель.

В тесном сотрудничестве с ОГУ «Омскавтодор» запроектированы и построены мосты через р. Ушайра в Знаменском районе и через р. Ик в Тарском районе Омской области (рис. 1) с пролетными строениями из дощато-гвоздевых коробчатых блоков для пролетов длиной 15 м и с составными прогонами из бревен для пролетов длиной 7,5 м. Конструкции этих мостов в отличие от ранее применяемых в деревянном мостострое-

нии, отличаются простотой изготовления, обладают грузоподъемностью и долговечностью железобетонных мостов, способны перекрывать равные им пролеты при небольшой строительной высоте и, главное, позволяют снизить стоимость указанных сооружений на 35–40%.

Изготовление пролетных строений, включая лесозаготовку, распиловку, заготовку элементов, их антисептирование и сборку конструкций, выполнено из местного материала силами работников Знаменского ДРСУ. Испытания статической нагрузкой отдельных несущих элементов и сооружения в целом (рис. 2) показали высокие прочностные качества разработанных конструкций и позволили рекомендовать их к дальнейшему внедрению.

Главные достоинства таких конструкций: использование местных ресурсов (лесоматериал, кадры, существующие производственные мощности); простота изготовления с применением недорогого инструмента и оборудования; меньшая по сравнению с железобетонными мостами стоимость.

Развитие и совершенствование пролетных строений из древесины в нашей стране сдерживает сложившееся в обществе представление о малой долговечности деревянных мостов, построенных главным образом из неантисептированной древесины.

Многолетняя мировая практика свидетельствует, что долговечность мостов из антисептированной древесины составляет 50 и более лет. Очевидно, что за этот период требования к сооружениям на дорогах изменятся, а конструкция мостов будет нуждаться в модернизации, независимо

от материала, из которого она изготовлена. Таким образом, экономически не всегда оправдываются затраты на строительство более капитальных и дорогостоящих сооружений из железобетона или металла.

В настоящее время по заданию ОГУ «Омскавтодор» внедряется конструкция пролетного строения с составными прогонами из бревен и железобетонной плитой для пролетов длиной 15 м и более на мосту через р. Нягов в Знаменском районе.

Проектно-исследовательская фирма «ПИК» при кафедре «Мосты» СибАДИ проектирует три моста в Тарском, Знаменском и Седельниковском районах с пролетными строениями из дощато-гвоздевых блоков и составных прогонов.

Однако наиболее прогрессивными конструктивными формами деревянных пролетных строений мостов в мире признаны конструкции с применением клееной древесины. Современная конструкционная древесина — это уже не бревно или отдельная доска, а монолитный высококачественный элемент, в котором монолитность достигается склеиванием отдельных досок-заготовок между собой.

Применение клееной древесины в мостостроении как в нашей стране, так и за рубежом имеет отдельные подъемы и спады. В 60-х годах прошлого столетия были разработаны конструкции клееных мостовых балок, построен ряд предприятий по их изготовлению, сотни мостов. В связи с внедрением в производство сборного железобетона интерес к мостам с клееными конструкциями постепенно угас, но некоторые построенные мосты до сих пор эксплуатируются.



Рис. 1. Общий вид моста с пролетными строениями из дощато-гвоздевых коробчатых блоков через р. Ик



Рис. 2. Испытание статической нагрузкой отдельных несущих элементов конструкции моста



Рис. 3. Фрагмент моста с пролетными строениями из клееных балок длиной 18 м на деревянных свайных опорах

На рис. 3 фотография фрагмента одного из мостов в Республике Коми с пролетными строениями из клееных балок длиной 18 м. Мост на деревянных свайных опорах с деревянной проезжей частью прослужил более 30 лет. Клееные балки моста не потеряли своей несущей способности. Повреждения отдельных участков их явились следствием незащищенности от атмосферных воздействий и загрязнений проезжей части. Отслужившие свой срок в подобных мостах балки строители используют в дальнейшем для перекрытия пролетов временных мостов. Это лишь один раз подтверждает заключение о высокой долговечности конструкций из клееной древесины.

Пятидесятилетняя долговечность пролетных строений из клееной древесины и моста в целом может быть обеспечена защитой проезжей части и капитальными опорами. Конструкция проезжей части с применением клееной древесной плиты, включенной в совместную работу с клееными балками, позволяет существенно снизить собственный вес пролетных строений и нагрузку на опоры, что в конечном итоге положительно сказывается на стоимости сооружения. Такая конструкция пролетных строений из клееной древесины защищена двумя патентами на изобретения [1, 2], подтвержденными теоретическими и экспериментальными исследованиями [3, 4].

При проектировании моста через р. Оша на автомобильной дороге Тара — Чекрышево — Соусканово были рассмотрены три варианта: с железобетонными пролетными строениями по схеме 3×18 м; с дощато-гвоздевыми коробчатыми блоками и составными прогонами по схеме 7,4+3×15+7,4 м; с пролетными строениями из клееной древесины по схеме 3×18 м. В таблице приведено сравнение стоимости этих вариантов, которое показало, что стоимость моста с железобетонными пролетными строениями в 1,74 раза больше моста с дощато-гвоздевыми конструкциями и в 1,95 раза больше стоимости моста с пролетными строениями из клееной древесины.

В стоимость клееных пролетных строений включены отпускные цены завода — изготовителя клееной древесины и транспортные расходы, безусловно, удорожающие сооружение моста.

Технологическая линия по производству клееной древесины производительностью 15000 м<sup>3</sup>/год в Новосибирске была пущена в эксплуатацию в 2004 г. Технология производства разработана немецкой компанией «Waining concept AG» и одобрена специалистами ЦНИИСК им. Кучеренко. Продукция завода: прямая и гнутая

Варианты пролетных строений	Стоимость, тыс. р				
	опор моста	пролетных строений	сопряжений с насыпью	моста в целом	1 п. м
Железобетонные	7747	4891,55	324,52	12963,07	222,73
Дощато-гвоздевые	3266,57	4800,89	324,52	8391,08	128,31
Из клееной древесины	2266,57	4528	779,7	7573,27	114,05

конструкционная клееная балка из сосны с размерами до 0,2×2×18 м; профилированный стеновой брус для малоэтажного строительства (12×0,14×0,112; 0,152; 0,192; 0,232 м).

Очевидно, что резервы уменьшения стоимости строительства мостов из клееной древесины заключены в использовании древесины местных лесозаготовительных организаций, в приближении высокомеханизированных производственных предприятий по изготовлению клееных конструкций к опорным пунктам лесозаготовителей, в сокращении транспортных расходов и в использовании местной рабочей силы.

В связи с освоением Крапивинского и других месторождений Омской области, пуском в эксплуатацию уникального моста через реку Иртыш у Самсоновской переправы, строительством предполагаемых автодорожных подъездов к г. Тара этот населенный пункт может быть наиболее благоприятным местом для производства клееной древесины.

Применение древесины в строительстве мостов в странах, не испытывающих недостатка в стали и цементе, может быть объяснено прежде всего экономической эффективностью этого природного материала.

Основным преимуществом древесины по сравнению с другими конструкционными материалами является постоянное возобновление ее запасов, тогда как при создании большинства искусственных конструкционных материалов, например стали и бетона, расходуется большое количество исходного сырья, запасы которого не возобновляются.

С архитектурной точки зрения деревянные конструкции порой также более привлекательны. Природный материал, обладающий очень выразительной структурой, создает впечатление легкости и элегантности, гармонично вписываясь в окружающую среду.

Другими преимуществами древесины являются малая плотность, относительно высокая удельная прочность и жесткость, эстетичность, более легкая обрабатываемость.

За последние 10–15 лет древесина получила широкое признание [5] и стала конкурентоспособным конструкционным материалом.

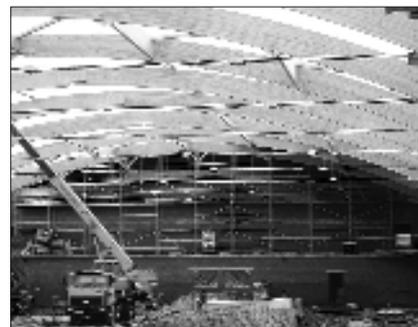


Рис. 4. Применение деревянных клееных конструкций в строительстве

Таким образом, завод по изготовлению деревянных клееных конструкций позволит обеспечить строительство новых и реконструкцию действующих малых и средних мостов на дорогах областного и муниципального значения в северных районах области, а программа «Дороги России», разработанная для Омской области с участием специалистов кафедры «Мосты» СибАДИ, при этом будет решена с наибольшим эффектом. Продукция завода также может сыграть важную роль в развитии малоэтажного домостроения и агропромышленной инфраструктуры, в поднятии жизненного уровня сельского населения (рис. 4).

Список литературы

1. Пат. RU 2204644 С2, МПК<sup>7</sup> Е 01 Д 2/00, 2/04. Дощато-клееное пролетное строение. Уткин В.А., Пузиков В.И., Кобзев П.Н. Оpubл. 20.05.2003. БИ № 14.
2. Пат. RU 2258110 С1 МПК<sup>7</sup> Е 01 Д 2/04. Дощато-клееное пролетное строение. Уткин В.А., Кадисов Г.М. Оpubл. 10.08.2005. БИ № 22.
3. Уткин В.А., Кобзев П.Н. К вопросу об исследовании перекрестной древесной плиты пролетного строения из клееной древесины // Вестник СибАДИ. Вып. 1. Омск: Издательский дом «ЛЕО». 2004. С. 36–41.
4. Уткин В.А., Кобзев П.Н. Исследование напряженно-деформированного состояния ребристого пролетного строения из клееной древесины // Известия вузов. Строительство. 2005. № 10.
5. Уткин В.А., Кобзев П.Н. Автодорожные деревянные мосты нового поколения. Омск: Изд-во СибАДИ. 2004. 56 с.

Р.Б. ЕРГЕШЕВ, д-р техн. наук, член-кор. НИА РК;  
 А.А. РОДИОНОВА, канд. техн. наук; В.А. ЮГАЙ, канд. техн. наук;  
 А.В. КАН, инженер, ТОО «НИИСтромпроект»; В.А. ГЛАГОЛЕВ, ведущий инженер,  
 РКП Институт геологии им. К.И. Сатпаева (Алматы, Республика Казахстан)

## Роль межпоровых перегородок как структурообразующего элемента порогипсобетона

Для более глубокого изучения процессов твердения в системе волластонит – ортофосфорная кислота – гипс были проведены электронно-микроскопическое, петрографическое и рентгенографическое исследования продуктов, образующихся в межпоровых перегородках порогипсобетона различной средней плотности (от 500 до 800 кг/м<sup>3</sup>). Особенность экспериментов заключалась в том, что одновременно определялись прочность порогипсобетона, общая структурная пористость, структура межпоровых перегородок, минералофазовый состав, обуславливающие структурную организацию всей системы.

Методом сканирующей электронной микроскопии и микрозондирования были определены следующие параметры межпоровых перегородок: толщина, конфигурация, пористость и фазовый состав продуктов гидратации.

Оказалось, что структура и конфигурация межпоровых перегородок в порогипсобетоне различной средней плотности различны. Установлено, что с изменением структуры порогипсобетона от крупнопористой до средне- и мелкопористой микропористость межпоровых перегородок снижается. Это уменьшает открытую пористость порогипсобетона и повышает его прочностные характеристики. Поровая структура порогипсобетона различной средней плотности отличается не только размером, но и конфигурацией пор, имеются также существенные отличия в геометрии как пор, так и межпоровых перегородок.

Основные свойства порогипсобетона различной средней плотности приведены в таблице.

Далее рассматриваются пористая макроструктура, микроструктура поровых перегородок и гидратные новообразования в порогипсобетоне различной плотности.

*Порогипсобетон средней плотностью 500 кг/м<sup>3</sup>* характеризуется крупнопористой неоднородной структурой с повышенным содержанием открытых пор (рис. 1а). Основная часть макропор имеет неправильную форму с угловатыми замыканиями оболочек, реже поры округлые (изометричные), распределение весьма неравномерно, размеры трудноопределимые. Совмещенные поры (до трети от макропор) – дендритовидные и трубчатые, крупные, до нескольких сантиметров по длинной оси. Объем макропор около 30%. Крупные поры размером от 2 до 5 мм имеют глубину от 3 до 5 мм. Крупные поры воронкообразного типа почти все заканчиваются на глубине более мелкими порами.

В объеме межпоровых перегородок микропоры диаметром до 0,8 мм распределены равномерно (рис. 1б). Значительная часть микропор диаметром около 0,5 мм соединена каналами меньшего диаметра. Толщина межпоровых перегородок колеблется от 1 до 10 мм.

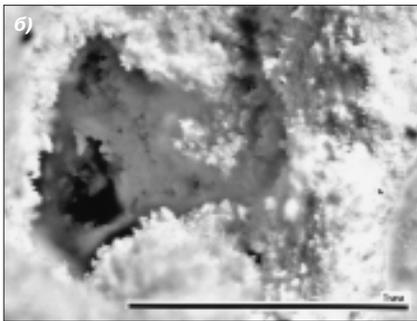
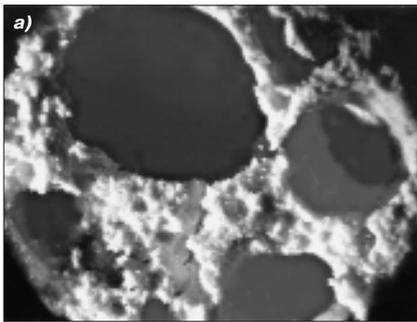
Исследования под микроскопом показали, что структура новообразований межпоровых перегородок микронематобластовая, то есть состоящая из паутины мелких игольчатых и нитевидных кристаллов. Поверхность межпоровых перегородок волнистая, вогнуто-выпуклая, с частыми кавернами и трещинами, покрыта чешуйчатыми

и дендритовидными скоплениями малоакристаллизованных агрегатов, образующих бесформенные столбики на стенках, а также единичными тонкими кристалликами новообразований. Отличительной особенностью образца является наличие в порах хорошо сдвойникованных кристаллов гипса и редких, но крупных (относительно размера макропор) спутанно-волоконистых агрегатов гидросиликатов группы CSH(I). Иголочки гидросиликатов и гидрофосфатов более мелкие, чем в других образцах, распределены неравномерно (довольно значительные участки содержат микрокристаллы волластонита). Микрокристаллические образования разделены гелеобразной фазой, то есть структура неполнокристаллическая. Дендритовые скопления малоакристаллизованных гидросиликатов группы CSH(I) с поверхности межпоровых перегородок прорастают в поры. Микродроздовые образования гидроксилатапата переплетены с двойниковыми кристаллами гипса.

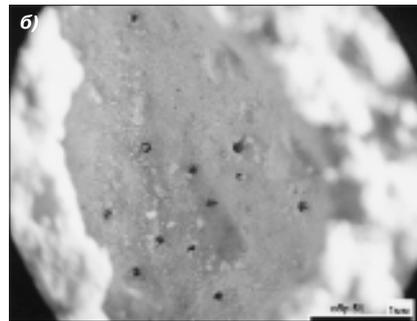
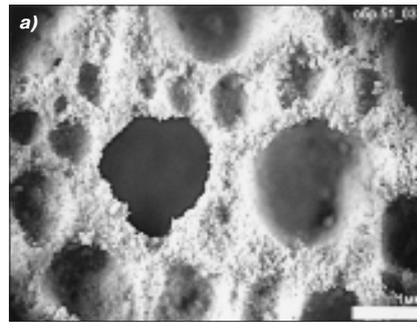
*Порогипсобетон средней плотностью 700 кг/м<sup>3</sup>*. Рассматривая макроструктуру пор в порогипсобетоне средней плотностью 700 кг/м<sup>3</sup> и структуру межпоровых перегородок, видим резкие отличия от предыдущих образцов (рис. 2). Основная часть макропор – слабо овальные, субориентированные, реже округлые (изометрические), как правило, это самые мелкие поры. Объем макропор около 30%.

В объеме межпоровых перегородок равномерно распределены микропоры диаметром до 1 мм и менее. Этот порогипсобетон характеризуется преимущественно микропорами размером 0,01–0,03 мм и 0,05–0,15 мм. Толщина межпоровых перегородок от 0,3 до 0,6 мм и более. Поверхность межпоровых перегородок ровная, матовая, усеяна микрокристаллами и сростками низкоосновных гидросиликатов кальция. Перегородки перфорированы несколькими круглыми отверстиями диаметром 0,2–0,3 мм.

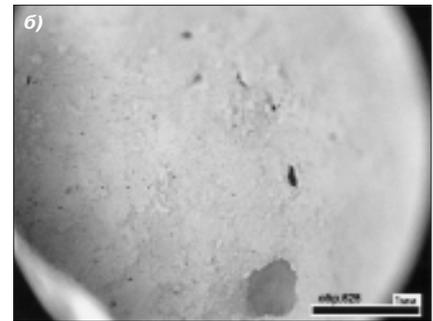
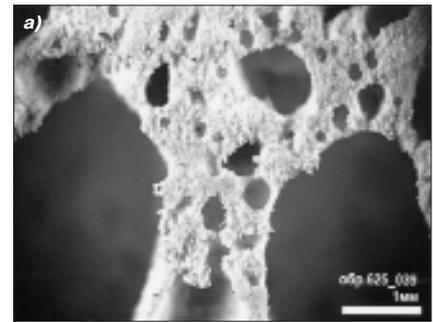
Добавка, %	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа	Общая пористость, %	Структура
CaCl <sub>2</sub> – 1,5 NaHCO <sub>3</sub> – 2	500	0,9	82	Крупнопористая
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> – 0,5	700	1,6	73	Мелкопористая
Al(OH) <sub>3</sub> – 1	800	2	68	Мелкопористая



**Рис. 1.** Макроструктура порогипсобетона плотностью 500 кг/м<sup>3</sup> (а) и микроструктура межпоровых перегородок (б) (свет косой отраженный)



**Рис. 2.** Макроструктура порогипсобетона плотностью 700 кг/м<sup>3</sup> (а) и микроструктура межпоровых перегородок (б)



**Рис. 3.** Макроструктура порогипсобетона плотностью 800 кг/м<sup>3</sup> (а) и микроструктура межпоровых перегородок (б) (свет косой отраженный, неполяризованный)

Структура микрограноматобластовая, от 30 до 50% всех частиц составляют призматические, игольчатые или волокнистые образования, в основном гидросиликаты кальция и гидроксилпатит. Новообразования распределены в объеме перегородок неравномерно. Все обломочные реликтовые зерна окружены коррозионными каемками новообразований — гидросиликатами и гидрофосфатами кальция. Процесс, по-видимому, идет активно и многостадийно, новообразования проникают в ранее сформировавшиеся зерна двуводного гипса по трещинам спайности и образуют мirmekитовые структуры.

*Порогипсобетон средней плотности 800 кг/м<sup>3</sup>.* Структура пор в порогипсобетоне средней плотности 800 кг/м<sup>3</sup> и его межпоровых перегородках показана на рис. 3. В порогипсобетоне равномерно распределены поры размером 0,1–0,5 мм (преобладающий размер 0,3–0,5 мм), образующие ячеистую структуру (рис. 3а). В центральной части образца смещенные поры образуют скопления неправильной выпуклой формы, которые занимают 10–15% объема.

Пористость межпоровых перегородок ячеистая, толщина перегородок 0,1–0,2 мм. Микропоры в межпоровых перегородках равномерно распределены по объему, размер пор не превышает 0,01–0,03 мм (рис. 3б). Структурные особенности межпоровых перегородок (плотность, равномерное распределение микропор) предпо-

деляют высокие физико-механические свойства порогипсобетона.

Структура гидратных и гидрофосфатных новообразований перегородок микрограноматобластовая, сложена как сохранившимися реликтами наиболее крупных обломков исходного воластонита, так и переплетенными гидросиликатными и гидрофосфатными новообразованиями. Более тонкие частицы воластонита полностью прореагировали, гидратировались и сформировали многочисленные таблитчатые, игольчатые и волокнистые новообразования, разнообразные по составу и свойствам, образующие пространственный каркас межпоровых перегородок; наблюдаются таблитчатые и чешуйчатые с обычными и полисинтетическими двойниками кристаллы гипса, игольчатые и волокнистые, разнообразные по составу, кристаллики гидросиликатов, гидросиликофосфатов, гидрофосфатов кальция. Некоторые участки корродированы. Прослеживаются кристаллы, похожие на кристаллы α-гипса, который, возможно, образовался в системе из β-гипса.

Таким образом, на основании экспериментальных данных можно констатировать, что порогипсобетон средней плотности 500–600 кг/м<sup>3</sup> характеризуется неравномерным распределением пор, которые нередко сообщаются между собой по трещинам и имеют змееобразную шелевидную форму. Межпоровые перегородки чаще всего неодинаковые по толщине (от 0,2 до 0,8 мм) и

плотности, имеют неоднородное строение, характеризуются рыхлой неполнокристаллической микрограноматобластовой структурой — наблюдаются участки слабозакристаллизованных новообразований и гелеобразной массы. По контакту зерен воластонита и связующей массы прослеживаются каемки гелеобразной фазы, что говорит о неполной кристаллизации гидратных новообразований. Можно предположить, что прочность системы обеспечивается закристаллизованным двухводным гипсом, слабозакристаллизованными низкоосновными гидросиликатами кальция типа CSH(I) и гидроксилпатитом.

Порогипсобетон плотностью 700–800 кг/м<sup>3</sup> характеризуется более равномерным распределением и выдержанными размерами пор, которые образуют ячеистую структуру. Поверхность поровых перегородок ровная, без раковин и трещин. Распределение микропор в перегородках равномерное, толщина перегородок не превышает 0,2–0,3 мм. Структура новообразований микрограноматобластовая, более закристаллизованная, от 30 до 50% всех частиц составляют игольчатые или волокнистые новообразования, преимущественно гидросиликаты кальция и гидроксилпатит. Структурная однородность, повышенная плотность, наличие закристаллизованной фазы новообразований способствуют повышению прочностных и физико-механических свойств порогипсобетона.

## Клинкерная керамика на основе кремнеземистого сырья и техногенных отходов

За последние полвека в России был практически прекращен выпуск клинкерной керамики как для мощения дорожных покрытий, так и для облицовки фасадов зданий. В то же время современные требования к архитектурной выразительности, комфортности зданий и сооружений, повышению их атмосферостойкости и, следовательно, долговечности заставляют искать новые пути совершенствования застройки новых микрорайонов и реконструкции старых.

В настоящее время некоторые заводы Московской области пытаются выпускать клинкерные изделия.

При этом в отличие от Европы, где широко используются клинкерные материалы для облицовки и все отделочные керамические материалы отвечают единому стандарту, в России отсутствуют нормативные общепромышленные документы на клинкерные изделия.

Отсутствие производства клинкерной керамики связано с дефицитом тугоплавких и огнеупорных глин, запасы которых в России ограничены.

Поэтому нами разрабатывается технология производства клинкерной керамики с использованием рядового широко распространенного местного сырья полиминерального состава с содержанием  $\text{SiO}_2$  до 80%, из них свободного кварца до 70%, а также техногенных отходов заводов органического синтеза, которые до настоящего времени захоранивают и не используют.

Химический, минералогический и гранулометрический составы компонентов шихты представлены в табл. 1, 2, 3.

Использованное в работе глинистое сырье достаточно распространено на территории России, а по ОСТ 21-78-88 «Сырье глинистое (горные породы) для производства керамических кирпича и камней» не пригодно для производства керамики из-за высокого содержания свободного кварца. Отходы химической промышленности, используемые в качестве добавки, содержат порядка 20%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и в настоящее время невосстребованы.

В технологии пригодны не только текущие отходы предприятия, но и извлеченные из отвалов. Отходы химического производства сушили, размалывали и механоактивировали, при этом наблюдались изменения не только гранулометрического, но и минералогического состава.

Из описанных выше сырьевых компонентов готовили пластичные и полусухие массы с содержанием в шихте 15–30% отходов. Отформованные лабораторные образцы обжигали при температуре 1120–1200°C. Были получены изделия, отвечающие требованиям Европейского стандарта по основным показателям: прочность при изгибе и сжатии соответственно 21,3–31,7 МПа, 61,5–80,7 МПа; водопоглощение не более 4%. Изделия выдержали 35 циклов переменного замораживания и оттаивания без потери массы, испытания на морозостойкость продолжаются. Физико-механические свойства образцов пластического формования приведены в табл. 4. Данные таблицы показывают, что при увеличе-

Таблица 1

Химический состав исходных компонентов шихты

Наименование месторождения	Массовая доля компонентов в сухой навеске, %									
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{SO}_3$	ППП
Петровское	71,7	9	0,5	3	4,7	1,75	1,05	2,2	<0,05	6
Кошачковское	71,2	9	0,6	3	4,5	1,9	1,3	2,2	<0,05	6,3
Отходы химического производства	36,7	20,2	0,2	1,8	8,5	1,6	0,2	0,5	0,7	29,6

Таблица 2

Минералогический состав исходных компонентов шихты

Наименование месторождения	Массовая доля минералов, %						
	смешанно-слюдистый минерал	гидрослюда	7А минерал	кварц	полевые шпаты	кальцит	доломит
Петровское	5–16	5–10	3–7	56–66	5–14	4–6	4–8
Кошачковское	12–18	2–5	1–3	60–70	5–9	2–4	3–6
Отходы химического производства	–	4	–	20	–	11	–

**Примечание.** В отходах содержится 65% рентгеноаморфной фазы (преимущественно гидроксида алюминия).

Таблица 3

Гранулометрический состав сырья

Наименование месторождения	Массовая доля фракций в мм, %					Классификация
	1–0,063	0,063–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	
Петровское	42,1	32,6	4,8	6,4	14,1	Грубодисперсное
Кошачковское	9,3	63,7	5,3	6,9	14,8	Грубодисперсное
Отходы химического производства	22,1	48	2,3	13,7	14,6	Грубодисперсное

Таблица 4

Физико-механические свойства образцов пластического формования

Массовые доли компонентов, %	Температура обжига, °С	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водопоглощение, %	Прочность, МПа	
				при сжатии	при изгибе
Кошачковская глина – 85 Отходы – 15	1120	1,82	5,7	61,5	21,3
	1160	1,95	4,8	67,2	24,7
	1200	1,97	3,5	72,3	29,2
Петровская глина – 85 Отходы – 15	1120	1,87	5,5	62,4	21,5
	1160	1,94	4,6	68,1	25,1
	1200	1,99	3,4	70,9	29,6
Кошачковская глина – 80 Отходы – 20	1120	1,84	5,9	64,1	24,1
	1160	1,96	4,9	66,8	27,9
	1200	2,01	3,5	75,3	30,4
Петровская глина – 80 Отходы – 20	1120	1,83	5,6	65,2	24,7
	1160	1,95	4,8	68,1	28,3
	1200	2,02	3,4	73,5	30,8
Кошачковская глина – 70 Отходы – 30	1120	1,77	6	69,3	25
	1160	1,84	5,3	73,8	28,3
	1200	2,03	3,2	80,2	31,4
Петровская глина – 70 Отходы – 30	1120	1,78	5,7	70,6	25,3
	1160	1,85	5,2	75,2	28,9
	1200	2,03	3,3	80,7	31,7

нии количества отходов в шихте физико-механические характеристики повышаются.

Таким образом, показана принципиальная возможность производства клинкерной керамики на основе некондиционного глинистого сырья и отходов химических предприятий, текущие выходы которых составляют сотни тысяч тонн в год, а в отвалах за годы эксплуа-

тации накоплены миллионы тонн. Решение задач технического характера – расширение номенклатуры продукции, повышение ее качества, снижение издержек производства за счет использования низкосортного сырья и отходов способствует улучшению экологической обстановки и повышению комплексности и рациональности использования природных ресурсов.

Специальная литература



**«Практикум по технологии керамики»**

Авторы – коллектив ученых РХТУ им. Д.И. Менделеева

В пособии рассмотрены основные методы отбора проб, испытаний сырьевых материалов, контроля и исследования технологических процессов, а также определения свойств готовой продукции, применяемые в керамической, огнеупорной и смежных отраслях промышленности.

По вопросу приобретения обращайтесь в редакцию журнала «Строительные материалы»®.

Тел./факс: (495) 124-32-96, 124-09-00  
E-mail: mail@rifsm.ru

Л.А. УРХАНОВА, кандидат техн. наук, А.Э. СОДНОМОВ, инженер, Восточно-Сибирский государственный технологический университет (г. Улан-Удэ, Республика Бурятия), Н.Н. КОСТРОМИН, инженер, Нерюнгринский технический институт, филиал Якутского государственного университета (г. Нерюнгри, Республика Саха (Якутия))

## **Пути повышения эффективности строительных материалов на основе активированных вяжущих веществ**

Одной из важнейших задач строительной отрасли является разработка и внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий, предусматривающих широкое применение местного минерального сырья и техногенных продуктов.

На сегодняшний день существует несколько направлений в области ресурсо- и энергосберегающих технологий. Одними из самых приоритетных направлений в этой области можно считать:

- совершенствование традиционных технологий, в частности введение добавок различного функционального действия;
- направленная предварительная подготовка компонентов, в частности механохимическая активация вяжущих;
- применение новых малоэнергоемких материалов, в частности производство мало- и бесклинкерных вяжущих веществ и материалов на их основе.

Более высокие результаты достигаются путем интеграции этих направлений на всех уровнях.

В Восточно-Сибирском государственном технологическом университете выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований по внедрению активационных технологий для получения бесклинкерных вяжущих веществ с использованием природного и техногенного силикатного и алюмосиликатного сырья Забайкалья.

В качестве основных компонентов известково-алюмосиликатного вяжущего были использованы следующие сырьевые материалы:

известь-кипелка Турунтаевского КСМ (А=76%), стекловидный перлит Мухор-Талинского месторождения, зола-унос Улан-Удэнской ТЭЦ-1. По содержанию стеклофазы и кремнезема (61–75 мас. %) пробы удовлетворяли требованиям, предъявляемым к кремнеземсодержащим компонентам. Химический состав сырьевых материалов представлен в таблице.

Особое место среди компонентов силикатных вяжущих веществ занимают перлитовые породы. Вместе с тем недостаточные сведения о влиянии сложного вещественного состава данного вида сырья на строительно-технические свойства бетонов снижают эффективность их использования.

Проведенные исследования влияния различных способов измельчения на гранулометрический состав и свойства известково-силикатных и известково-алюмосиликатных вяжущих позволили определить оптимальный способ механоактивации данных вяжущих [1]. Механоактивация позволяет использовать термодинамическую неустойчивость природных и техногенных силикатных и алюмосиликатных стекол, высвобождая часть внутренней энергии вещества, реализуемую в последующих процессах твердения.

Ранее проведенными исследованиями был выявлен оптимальный состав известково-алюмосиликатных вяжущих. Массовые доли основных компонентов, %: негашеная известь – 20–30; алюмосиликатный компонент – 72–66; гипсовый камень – 8–4.

Одним из энергоемких и дорогостоящих компонентов известково-алюмосиликатных вяжущих веществ является известь. В связи с этим была исследована возможность снижения содержания извести от 30 до 10%. Известково-перлитово-гипсовое вяжущее (ИПГВ) подвергали активации на стержневом виброистрателе. Сравнение прочностных свойств ИПГВ проводили с известково-зола-гипсовым вяжущим (ИЗГВ). Тепловлажностная обработка вяжущих осуществлялась пропариванием по режиму 1,5+8+1,5 ч и t=90°C.

Результаты исследований влияния степени дисперсности различных составов вяжущих (рис. 1) показали, что снижение массовой доли извести от 30 до 10% привело к падению прочностных показателей у известково-перлитовых вяжущих. Это подтверждает тот факт, что механохимическая активация известково-алюмосиликатных вяжущих приводит к аморфизации эффузивных пород и повышению их физико-химической активности. В результате возможно получение вяжущих композиций марки М300 после пропаривания при более низких расходах извести.

Дальнейшим этапом в исследовании повышения активности и качества исследуемых вяжущих без существенного изменения технологии производства являлось введение в их состав различных химических добавок: сульфатов щелочных и щелочно-земельных металлов и ПАВ (пластификаторы, суперпластификаторы). Опыты показали, что введение в состав вяжущих химических добавок наиболее предпочти-

Алюмосиликатные материалы	Массовые доли оксидов, %									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	FeO	ППП	SO <sub>3</sub>
Перлит стекловидный	71,5	12,13	0,52	0,77	0,37	3,21	5,2	0,43	5,87	–
Зола-унос	61,88	20,11	4,6	4,16	2,26	0,59	0,41	2	3,4	0,59

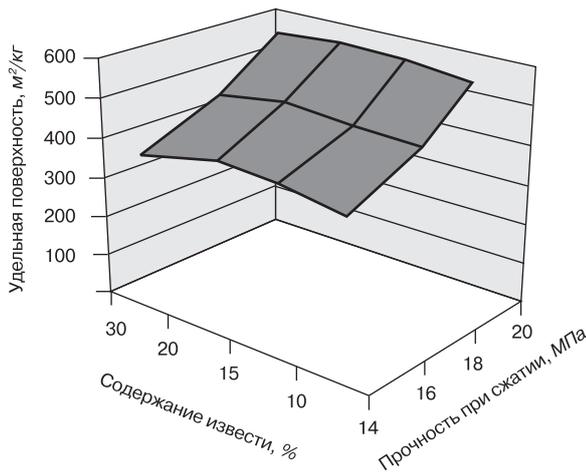


Рис. 1. Влияние комплексной добавки  $(Ca(SO)_4 \cdot 2H_2O + C-3)$  на прочность известково-алюмосиликатных вяжущих

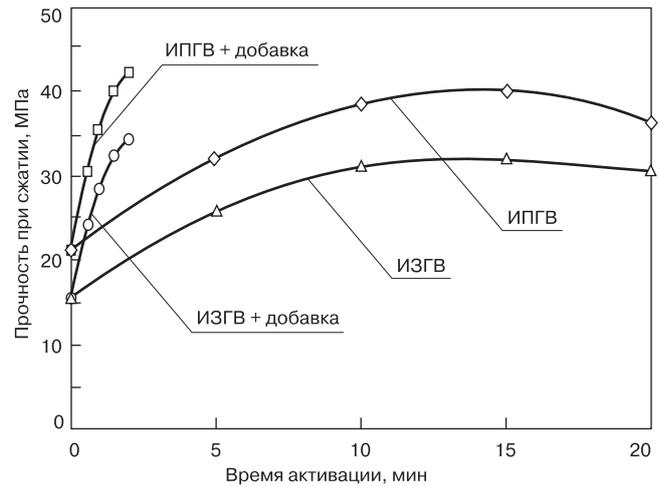


Рис. 2. Прочность при сжатии известково-алюмосиликатного вяжущего в зависимости от содержания извести и времени активации

тельно при помоле, при этом активность вяжущего зависит от вида химических добавок и их дозировки, от способа и времени измельчения вяжущего.

При введении пластификаторов (ССБ, ЛСТ) и суперпластификаторов (С-3) наблюдалось сокращение времени измельчения вяжущего по сравнению с вяжущим без активатора до аналогичной степени дисперсности. Применение пластификаторов позволило снизить водопотребность вяжущих на 15–20% в зависимости от степени дисперсности, а суперпластификаторов — на 30–35%. Введение таких добавок снижало энергетические затраты за счет интенсификации помола и уменьшало агломерационные процессы (рис. 2).

Кроме того, известна роль сульфатов щелочных и щелочно-земельных металлов в системах известково-алюмосиликатных вяжущих, которые являются не только регуляторами сроков схватывания, но и причиной встраивания в кристаллическую решетку гидросиликатов иона  $SO_4^{2-}$ , что сказывается на морфологии, составе гидросиликата и микроструктурного гелевого слоя.

Эффективность использования химических добавок для интенсификации твердения известково-алюмосиликатных вяжущих подтверждается данными физико-химического анализа гидратных новообразований.

Методом РФА установлено наличие низкоосновных гидросиликатов кальция типа  $CSH(I)$  у известково-перлитовых вяжущих с добавкой сульфатов щелочных и щелочно-земельных металлов. Интенсивность пика при  $d=2,876 \text{ \AA}$  составляет 66,7%, что объясняет более высокую прочность данного вяжущего по

сравнению с бездобавочным известково-перлитовым вяжущим.

Химические реакции взаимодействия алюмосиликатных компонентов с  $Ca(OH)_2$  наиболее активно протекают на ранней стадии гидратации, особенно в присутствии сульфатов щелочных и щелочно-земельных металлов и в условиях повышенных температур, и продолжают в течение длительного времени.

Введение химических добавок интенсифицирует процесс твердения известково-алюмосиликатных вяжущих веществ, ускоряет взаимодействие извести с кремнеземом и увеличивает количество силикатной связи.

Таким образом, прочность механоактивированного вяжущего с комплексной добавкой зависит от количества алюмосиликатного компонента вяжущего, способа его изготовления, условий твердения, тонкости помола, наличия и вида химических добавок. Вяжущее, полученное путем совместного помола извести, гипса и изучаемых алюмосиликатных компонентов, обладает высокой активностью при пропаривании. Максимальная прочность материала на этом виде вяжущего достигается при пропаривании по схеме 1,5–8–1,5 ч при температуре  $90^\circ C$ . Рациональное содержание алюмосиликатного компонента вяжущего берется таким образом, чтобы активность смеси составляла порядка 18–22%. Предел прочности при сжатии образцов полученного механоактивированного вяжущего с комплексной добавкой на 45–50% больше, чем при использовании исходных неактивированных смесей (рис. 2).

На основе активированных известково-алюмосиликатных вяжущих с различными местными заполнителями были получены лег-

кие, тяжелые, плотные и ячеистые силикатные бетоны и силикатный кирпич автоклавного и безавтоклавного твердения.

На оптимальных составах вяжущих получены:

- легкий бетон М125 плотностью  $1450 \text{ кг/м}^3$  с использованием вспученного перлита в качестве заполнителя;
- тяжелый бетон М400 плотностью  $2050\text{--}2100 \text{ кг/м}^3$ ;
- ячеистый силикатный бетон безавтоклавного твердения с маркой по плотности D800 и с маркой по прочности М35–М50 с использованием в качестве заполнителя золы различной тонкости помола и марки М75 и D900 с использованием песка в качестве заполнителя;
- силикатный кирпич безавтоклавного твердения М100–М150 с различными минеральными заполнителями.

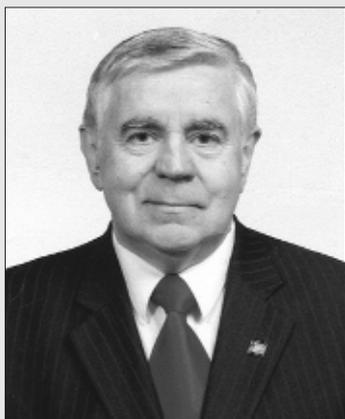
Основные свойства вышеперечисленных силикатных материалов и изделий удовлетворяют требованиям нормативных документов, а по ряду свойств (теплопроводность, морозостойкость и др.) превосходят традиционные бетоны и изделия тех же марок.

Технико-экономические расчеты показывают, что использование активированных известково-алюмосиликатных вяжущих при производстве безавтоклавных силикатных материалов и изделий позволяет снизить себестоимость их производства в среднем на 20–30% по сравнению с материалами и изделиями на традиционных вяжущих.

#### Литература

1. Сулименко Л.М., Шалуненко Н.И., Урханова Л.А. Механохимическая активация вяжущих композиций // Известия вузов. Серия «Строительство». 1995. № 11. С. 63–68.

КОЛЛЕГИ



**К 65-летию И.Б. Удачкина**

Редакция и редакционный совет поздравляют *Игоря Борисовича Удачкина* — известного ученого в области технологии ячеистых бетонов. В 70-е годы прошлого века он был директором НИИСМИ. Под руководством и при непосредственном участии Игоря Борисовича получила развитие баротехнология ячеистого бетона в Украине. За время своей научной деятельности он подготовил трех докторов технических наук и шестнадцать кандидатов технических наук. Доктор технических наук, профессор Игорь Борисович Удачкин в настоящее время является лауреатом премии Правительства РФ, лауреатом Премии имени академика П.П. Будникова и продолжает заниматься любимым делом. Он научный руководитель НПФ ООО «СтромРус». В составе коллектива единомышленников разработал ряд новых технических решений, запатентованных в РФ.

*Редакция и редакционный совет журнала «Строительные материалы»® желают Игорю Борисовичу Удачкину крепкого здоровья, неиссякаемой энергии и дальнейших творческих успехов.*

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**ОАО «Химпром» — предприятие со знаком качества**

ОАО «Химпром» (г. Новочебоксарск, Республика Чувашия) — победитель престижного Всероссийского конкурса «Лучшие российские предприятия 2005 г.». В номинации «За наивысшие достижения в области экологической политики и управления качеством» предприятие получило главную награду конкурса — премию «Екатерина Великая».

Эта компания выпускает более 200 видов химической продукции для различных отраслей промышленности. Для строительной индустрии предприятие

производит фасадные и термостойкие эмали, гидрофобизирующую жидкость ГКЖ-11Н, добавки для бетонных смесей, компоненты ПОЛИУР для получения жесткого пенополиуретана — эффективного теплоизолятора зданий, трубопроводов, промышленных холодильников и транспорта.

Победителями конкурса «Лучшие российские предприятия», проводившегося в девятый раз, становятся производственные компании, обеспечивающие экономический рост и стабильность страны.

По материалам  
ОАО «Химпром»

**Новая разработка ООО «Альтея»**

На предприятии по производству полимерно-битумных материалов ООО «Альтея» (Казань) разработан и внедрен новый модификатор битумов «ПолиТЭП», сочетающий свойства вулканизированных каучуков при нормальных и пониженных температурах со свойствами пластических масс, который может многократно перерабатываться, исключая образование отходов. Модификатор получен на основе этиленпропиленовых каучуков и полиолефинов. Этиленпропиленовые каучуки придают материалу высокую стойкость к термоокислительной деструкции, УФ-излучению и хорошую морозостойкость. Полиолефины из-за наличия в своем

составе кристаллических компонентов придают материалу высокую теплостойкость.

Применение нового модификатора для производства кровельных рулонных материалов позволяет получить необходимый комплекс свойств: гибкость на брусе — минус 20°C; теплостойкость — не менее 120°C, высокую стойкость к старению.

«ПолиТЭП» может применяться не только в производстве кровельных материалов, но и в дорожном строительстве.

По материалам  
ООО «Альтея»

**Компания «ТехноНИКОЛЬ» начала поставки кровельных материалов в страны Дальнего Востока**

Компания «ТехноНИКОЛЬ» поставила пробные партии кровельных материалов в Монголию, Китай, Южную Корею. В 2005 г. были осуществлены поставки на 4 млн USD. В 2006 г. суммарный объем поставок в эти регионы должен составить 8 млн USD.

Аналитики рынка отмечают, что спрос на современные рулонные кровельные материалы в различных потребительских сегментах на Дальнем Востоке неуклонно растет за счет стремительного увеличения объемов строительства. Наибольшей популярностью в

этом регионе пользуется гибкая черепица марки SHINGLAS, а также современные рулонные кровельные материалы. Кровельные покрытия поставляются в страны Дальнего Востока с заводов «ТехноНИКОЛЬ», расположенных в Литве и Республике Башкортостан. По прогнозам специалистов компании к 2008 г. доля поставок компании в страны Дальнего Востока составит 5% от мирового импорта кровельных материалов в этот регион.

По материалам  
компании «ТехноНИКОЛЬ»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**НТЦ «Гидрол – Кровля» подготовил анализ рынка рулонных кровельных материалов**

В исследовании «Рынок рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов в России: ситуация, тенденции, сценарии развития» рассмотрены следующие вопросы:

- состояние рынка битуминозных рулонных кровельных материалов;
- технические характеристики и качество выпускаемых материалов;

- характеристика рынка сырья для производства кровельных материалов;
- балансы производства – потребления материалов в стране и отдельных экономических регионах;
- государственное регулирование рынка: антимонопольные процедуры, состояние нормативной базы;
- перспективы развития отрасли;
- общая характеристика рынков стран СНГ.

По материалам НТЦ «Гидрол – Кровля»

**ОАО «Ураласбест»: итоги работы за 2005 г.**

ОАО «Ураласбест» (Свердловская обл.) в 2005 г. увеличило выпуск асбеста по сравнению с показателем 2004 г. на 5,5% – до 531,7 тыс. т. Щебня выработано 3901 тыс. м<sup>3</sup>, песчано-щебеночной смеси – 1612 тыс. м<sup>3</sup>, что составляет рост к 2004 г. на 88,5% и 13,8% соответственно. Значительное увеличение производства щебня обусловлено ростом спроса на данную продукцию, в том числе со стороны железных дорог и автодорожных организаций.

Товарной продукции произведено на 4425,7 млн р., что на 24,1% выше уровня 2004 г. При этом себестоимость

увеличилась лишь на 16,4%. Затраты на 1 р. товарной продукции составили 90,3 коп. против 96,3 коп. за 2004 г.

Прирост производства достигнут, при одновременном сокращении численности персонала на 4,4%. Производительность труда по товарной продукции увеличилась по сравнению с 2004 г. на 30%, а по добавленной стоимости – на 40%. Благодаря росту производительности труда стал возможным опережающий рост средней заработной платы по отношению к инфляции –27,1% против 10,9%.

По материалам ОАО «Ураласбест»

**В ОАО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» определили лучшие заводы 2005 г.**

В ОАО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» подведены итоги 2005 г. Лучшим предприятием холдинга признан ОАО «Белгородский цемент». Завод работал с хорошей динамикой по всем показателям. Производство клинкера увеличено по сравнению с предыдущим годом почти на 7%, цемента – на 16,5%. В январе–ноябре завод произвел более 1,8 млн т цемента, превысив на 16,3% показатель аналогичного периода 2004 г.

Второе место занял ОАО «Ульяновскцемент». Завод

выпустил за 11 месяцев более 1,1 млн т цемента и 1 млн т клинкера. Предприятие стабильно работает в рамках плановых заданий по производству и сбыту продукции, осваивает новые рынки сбыта, постоянно снижает удельные расходы топливно-энергетических ресурсов.

ОАО «Краматорский цементный завод «Пушка» (Донецкая обл., Украина) стал третьим среди предприятий группы. В январе–ноябре здесь выпущено более 600 тыс. т цемента. Таким образом, превышена проектная мощность завода, составляющая 580 тыс. т в год. По итогам года объем производства планируется на уровне 650 тыс. т.

**На «Белгородском цементе» запущена автоматизированная система управления производством**

В январе завершен первый этап начатых в сентябре 2005 г. работ по внедрению на «Белгородском цементе» системы управления. На заводе автоматизировано управление финансовым и оперативным учетом, себестоимостью готовой продукции, процессами закупки материалов, хранением и отгрузкой готовой продукции. Проект автоматизации холдинга «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» рассчитан на несколько лет и включает в себя по-

следовательные этапы, начиная от автоматизации оперативных функций на предприятиях и заканчивая решением задач стратегического управления в управляющей компании. В настоящее время система внедрена на 6 из 15 цементных заводов холдинга – «Мальцовском портландцементе», «Катавском цементе», «Осколцементе», «Михайловцементе», «Кавказцементе» и «Липецкцементе». В 2006 г. к ней подключатся все предприятия группы.

По материалам пресс-службы ОАО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»

**Сегежский ЦБК: первый в России – теперь и второй в мире**

Компания Investment AB Kinnevik официально объявила о заключении соглашения по продаже своей дочерней компании Korsnas Packaging российской компании ОАО «Сегежский ЦБК», которое было подписано в декабре в Стокгольме (Швеция). Сумма сделки – 73,5 млн евро.

Компания Korsnas Packaging является вторым в Европе крупнейшим производителем промышленных бумажных мешков. Она производит около 850 млн бумажных мешков в год в девяти странах.

ОАО «Сегежский ЦБК» – это крупнейшая в России интегрированная компания, производящая целлюлозу, бумагу и упаковку.

Заключенная сделка создает нового «игрока номер два» на мировом рынке бумажных мешков с годовым производством около 1,1 млрд бумажных мешков и 300 тыс. т мешочной бумаги. Проводимая на комбинате модернизация по всему циклу стратегическим итогом имеет рост производства бумаги вдвое против нынешнего уровня – до 600 тыс. т в год.

Приобретение компании Korsnas Packaging – логическое продолжение стратегических планов Сегежского ЦБК по укреплению и расширению присутствия на мировом рынке.

По материалам пресс-службы ОАО «Сегежский ЦБК»

А.П. ПРОШИН, д-р техн. наук, В.И. ЛОГАНИНА, д-р техн. наук,  
А.М. ДАНИЛОВ, д-р техн. наук, И.А. ГАРЬКИНА, канд. техн. наук,  
И.С. ВЕЛИКАНОВА, канд. техн. наук, Пензенский государственный  
университет архитектуры и строительства

## Новые отделочные сухие смеси

Целесообразность использования сухих смесей для реставрации памятников, санации и ремонта зданий, производства строительных и отделочных работ как материала полной заводской готовности подтверждается зарубежной и отечественной практикой строительства. Высокая стоимость зарубежных сухих смесей делает актуальной разработку смесей на основе местных материалов.

Целью работы являлась разработка рецептуры и технологии изготовления сухой отделочной смеси на основе диатомита, имеющего широкое распространение на территории Пензенской области. Из числа известных обнажений диатомита геолого-поисковыми работами обследовано три участка: Ахматовский, Серманский и Коржевский. Глубина залегания диатомита составляет 0,5–30 м, протяженность выхода – от 35–300 до 1500–2000 м. Содержание кремнезема SiO<sub>2</sub> в диатомите Ахматовского месторождения составляет 83,4%, глинистых примесей – 6%. Кроме кремнезема в небольших количествах содержатся карбонаты кальция и магния. При разработке отделочного состава в качестве вяжущего применяли гидратную известь-пушонку с активностью 84%.

При затворении смеси извести и диатомита водой происходит заметное взаимодействие между известью и кремнеземом, способствующее ускорению твердения и повышению прочности известковых композитов. Активные центры поверхности наполнителей обуславливают их реакционную способность и влияние на процессы взаимодействия в системе вяжущее – наполнитель. В связи с этим исследовали кислотно-основные свойства диатомита как наполнителя сухой смеси. Для исследования активных центров поверхности диатомита использовали индикаторный метод определения распределения центров адсорбции (РЦА). Исследования производили в области бренstedовских кислотных (pKa = 0–7), основных (pKa = 7–13) и льюисовских кислотных (pKa > 13) центров.

На рисунке приведены распределения центров адсорбции на поверхности диатомита в естественном состоянии и диатомита, подвергнутого термической обработке при температуре t=700°C. Поверхность обожженного и необожженного диатомита отличается как количеством центров адсорбции различных типов, так и суммарным содержанием центров адсорбции. Воздействие температурного фактора приводит к изменению энергетического состояния поверхности материала, проявляющееся в изменении распределения центров ад-

сорбции. Сравнение распределения адсорбционных центров на поверхности исследуемых материалов, имеющих практически одинаковый химический, минералогический и гранулометрический составы, свидетельствует о том, что число бренstedовских кислотных центров на поверхности термически обработанного диатомита превышает число таких же центров на поверхности необожженного диатомита. Количество активных центров при pKa = 0–7 на поверхности обожженного диатомита составляет 1,215·10<sup>-5</sup> моль/г, для необожженного диатомита – 0,975·10<sup>-5</sup> моль/г. В области основных бренstedовских центров (pKa = 7–13) наблюдается некоторое снижение числа активных центров на поверхности термически обработанного диатомита.

Размер частиц компонентов сухой смеси существенно образом меняет реологические и физико-механические свойства известково-диатомитовых композиций и влияет на процессы структурообразования. В связи с этим особое значение приобретает изучение влияния дисперсности компонентов сухой смеси на формирование структуры отделочных составов. Поскольку исследуемые известково-диатомитовые системы являются полидисперсными, то на практике важно знать гранулометрический состав полидисперсной системы. Определение дисперсного состава компонентов сухой смеси проводили методом седиментационного анализа. В качестве дисперсной среды для диатомита использовали дистиллированную воду, для извести-пушонки применяли ацетон.

Дисперсность извести-пушонки в значительной степени зависит от условий гашения комовой извести. Исследовалось изменение дисперсности извести при различных условиях получения. Комовая известь гасилась при водоизвестковых отношениях В/И=0,3 и 0,45. Для сравнения, при гидратации извести в воду затворения вводили суперпластификатор С-3 в количестве 0,4 и 0,7% от массы негашеной извести (табл. 1).

С увеличением водоизвесткового отношения в процессе гашения образуется известь с небольшим процентным содержанием мелких фракций. Содержание частиц размером менее 12 мкм составляет 25% при В/И=0,45, в то время как при В/И=0,3 – 39%. Суперпластификатор С-3, введенный в воду гашения, способствует увеличению процентного содержания частиц размером 0–4 мкм, хотя общее содержание частиц размером менее 12 мкм составляет 37%. Максимальный размер частиц составля-

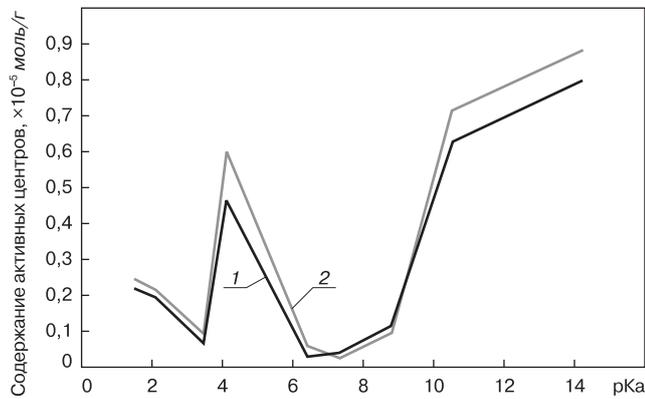
Таблица 1

Условия гашения комовой извести	Содержание фракции, %, с размером частиц, мкм				Максимальный радиус частиц извести-пушонки, мкм
	0–4	4–8	8–12	>12	
В/И = 0,3	8	13	17	61	20
В/И = 0,4	7	7	11	75	21
В/И = 0,3 (с добавкой С-3 в количестве 0,4% от массы комовой извести)	9	12	15	62	20
В/И = 0,3 (с добавкой С-3 в количестве 0,7% от массы комовой извести)	14	10	13	63	17

Таблица 2

Диатомит	Содержание фракций, %, с размером частиц, мкм					
	0–4	4–8	8–12	12–16	16–20	>20
Необожженный	5,6	20,65	6,25	5,75	6,85	54,9
Обожженный при температуре 700°C	3,5	17,83	7,2	8,65	8,31	54,51

Таблица 3



Распределение кислотно-основных центров на поверхности наполнителя сухой смеси: 1 – необожженный диатомит; 2 – диатомит, подвергнутый термической обработке при  $t=700^{\circ}\text{C}$

ет 17 мкм, в то время как у извести, полученной гашением при В/И=0,3 без введения суперпластификатора С-3, – 20 мкм. Гашение комовой извести водой с добавкой С-3 в количестве 0,4% способствовало незначительному увеличению дисперсности гидратной извести, поэтому введение в воду гашения суперпластификатора С-3 в количестве 0,7% предпочтительнее.

Размер частиц извести оказывает существенное влияние на прочностные характеристики известковых композиций. Для определения прочностных характеристик известково-диатомитовых композиций были изготовлены образцы-кубы размером 3×3×3 см, твердевшие в воздушно-сухих условиях. В качестве наполнителя использовался необожженный и обожженный при различных температурах диатомит. В возрасте 28 сут воздушно-сухого твердения прочность при сжатии образцов состава известь : диатомит = 1:3, В/И=0,45 составила  $R_{сж}=0,67$  МПа, в то время как у состава на гашеной извести при В/И=0,3 прочность – 0,96 МПа. Введение в воду затворения добавки С-3 в количестве 0,7% от массы негашеной извести привело к значительному увеличению прочности при сжатии составов  $R_{сж}=1,5$  МПа. Это обусловлено и различным содержанием в смеси тончайших фракций гидроксида кальция. При использовании в смеси гидратной извести, полученной гашением водой с добавкой С-3, дисперсность вяжущего увеличивается, прочностные характеристики известково-диатомитовых композиций повышаются, пластичность растворной смеси улучшается.

Дисперсность диатомита в естественном состоянии и подвергнутого термической обработке практически не различается (табл. 2).

Для изучения закономерностей формирования структуры и свойств покрытий на основе сухой смеси были исследованы составы с различным соотношением известь : диатомит. По комплексу реологических, технологических и физико-механических свойств оптимальным является соотношение известь : диатомит = 1:3.

Предел прочности при сжатии образцов 3×3×3 см в возрасте 28 сут воздушно-сухого твердения на основе диатомита, обожженного при различной температуре, составляет 0,94; 0,98; 4,38; 5,1 МПа при температурах обработки

Известково-диатомитовое соотношение	Фракция необожженного диатомита	Вид добавки	Содержание добавки, %	Прочность при сжатии в возрасте 28 сут, МПа
1:3	0,31–0,14	–	–	0,9
1:3	0,31–0,14	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	2	1,1
			5	1,9
			10	2,1
1:3	0,31–0,14	С-3	0,5	0,9
			1	0,9
			1,5	0,9

диатомита, соответственно равных 200; 300; 700; 900°C. Термообработка диатомита при невысоких температурах (200–300°C) не оказывает существенного влияния на значения прочности при сжатии. Увеличение температуры обжига до 700°C приводит к повышению прочностных характеристик, наибольший эффект достигается при термообработке диатомита при 900°C. При температуре обжига 700 и 900°C диатомит приобретает яркий оранжевый оттенок, что позволяет разнообразить цветовую гамму отделочного слоя без введения пигментов.

Для повышения прочностных характеристик и снижения усадочных деформаций в рецептуру смеси вводили сульфат алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . С увеличением содержания сульфата алюминия возрастает прочность при сжатии: при содержании  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  в количестве 2% от массы сухих компонентов она составляет 1,1 МПа; в количестве 5% – 1,9 МПа; при 10% – 2,1 МПа. Дальнейшее увеличение сульфата алюминия в смеси до 10% приводит к незначительному возрастанию прочности при сжатии. Оптимальным количеством сульфата алюминия в рецептуре смеси является 5% от массы сухих компонентов.

По данным адсорбции и термодинамических расчетов, наиболее вероятным механизмом, активирующим процесс твердения, является образование этtringита, сформировавшегося вследствие введения расширяющей добавки сульфата алюминия. Кристаллы этtringита, располагающиеся в порах и неплотностях, армируют и уплотняют структуру материала, способствуют повышению прочности композита. Впоследствии под воздействием углекислого газа  $\text{CO}_2$ , находящегося в воздухе, происходит перекристаллизация этtringита в гидрокарбоалюминат кальция  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCO}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . Это соединение играет значительную роль в процессах твердения композита, обеспечивая получение прочных контактов на границе вяжущее – заполнитель, что подтверждается данными качественного рентгеноструктурного анализа. Исследования твердофазных реакций проводили на известково-диатомитовых образцах с добавкой сульфата алюминия в количестве 5% от массы сухой смеси в возрасте одного года твердения в воздушно-

но-сухих условиях. На рентгенограмме обнаружены пики, характерные для гидросиликата кальция  $CSH(I)$ , гидрокарбоалюмината кальция  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 12H_2O$ , карбоната кальция  $CaCO_3$  и каолинита  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ .

Известно, что известково-диатомитовые композиции характеризуются чрезвычайно медленным набором прочности. Добавка  $Al_2(SO_4)_3$  способствует росту прочностных характеристик известково-диатомитовых композиций в ранние сроки твердения. Так, в возрасте 14 сут прочность при сжатии состава с добавкой 5% сульфата алюминия составляет 0,38 МПа, прочность при сжатии контрольного состава без добавки — 0,25 МПа. Термическая активация диатомита позволила значительно ускорить процесс структурообразования в начальный период твердения. В возрасте 7 сут прочность при сжатии состава на основе диатомита, термически обработанного при  $t=700^\circ C$ , составила 1,8 МПа, что существенно превышает прочность при сжатии образцов на основе необожженного диатомита не только на данном этапе твердения ( $R_{сж}=0,22$  МПа), но и в возрасте 90 сут ( $R_{сж}=1,55$  МПа). Процесс твердения может быть описан S-образной кривой, что свидетельствует о наличии на ранних этапах структурообразования новообразований, имеющих коагуляционную структуру. Через 14 сут твердения наблюдается рост кристаллической структуры составов. Добавка  $Al_2(SO_4)_3$  увеличивает скорость набора прочности известково-диатомитовых композиций. Так, скорость набора прочности составила в период 7–14 сут 0,01 МПа/сут, тогда как у контрольного состава — 0,003 МПа/сут.

При введении в рецептуру смеси добавки метилцеллюлозы МЦ-С наблюдается повышение водоудерживающей

способности смеси до 98,7%. Для регулирования реологических и технологических свойств отделочного состава на основе сухой смеси было предложено вводить в рецептуру добавку — релаксируемый порошок Rhoximat PAV 29. Установлено, что модификация смеси релаксируемым порошком Rhoximat PAV 29 способствовала значительному увеличению пластичности смеси, и как следствие, замедлению высыхания отделочного слоя.

В результате комплексных исследований установлен оптимальный состав сухой смеси с массовыми долями, %: гидратная известь, гашенная водой с добавкой С-3, — 23,56; диатомит, термически обработанный при температуре  $t=700^\circ C$ , — 70,69; сульфат алюминия  $Al_2(SO_4)_3$  — 4,71; метилцеллюлоза МЦ-С — 0,57; релаксируемый порошок Rhoximat PAV 29 — 0,47. Технологические и эксплуатационные характеристики отделочного состава приведены ниже.

Адгезионная прочность $R_a$ , МПа	.....	0,5–0,7
Когезионная прочность $R_p$ , МПа	.....	0,7–0,8
Жизнеспособность, ч		
при хранении в открытых емкостях	.....	8–10
при хранении в закрытых емкостях	.....	40–48
Время высыхания при $20^\circ C$		
до степени «5», мин	.....	не более 60
Водоудерживающая способность, %	.....	95–96
Рекомендуемая толщина одного слоя, мм	.....	до 0,4
Расход отделочного состава		
при нанесении в 1 слой толщиной 0,3 мм, $кг/м^2$	.....	0,2–0,4
Удобоукладываемость	.....	хорошая
Наличие трещин вследствие усадки	.....	нет

**Специальная литература**

**Аэродинамические основы аспирации\***

В книге изложены теоретические предпосылки и практические рекомендации по расчету и устройству местной вытяжной вентиляции в производстве строительных материалов, основанные на оригинальных исследованиях авторов и их сотрудников.

В монографии приведены современные представления об аэродинамических свойствах гравитационных потоков твердых частиц в технологиях переработки сыпучих материалов. Раскрыт механизм движения воздуха в закрытых желобах до формирования ускоренных воздушных течений в свободной струе частиц. Описаны инженерные методы расчета объемов аспирируемого воздуха для различных технологических узлов. Дано сопоставление расчетных объемов аспирации с результатами натурных испытаний. Для местных отсосов открытого типа представлены результаты исследований всасывающего спектра при различной конфигурации границ и размерности области течений.

Настоящая монография посвящена исследованию эжекции воздуха потоком сыпучего материала, что определяет производительность местных отсосов закрытого типа, широко используемых при механической переработке минералов. Одновременно изучены и систематизированы закономерности движения воздуха вблизи всасывающего отверстия, позволяющие достаточно точно найти оптимальную производительность местных отсосов открытого типа (с учетом реальных границ течения),

а также снизить энергопотребление за счет увеличения дальности всасывающего факела.

В процессе анализа авторами использованы как классические методы — метод суперпозиции, методы теории функций комплексного переменного, так и численные методы с применением граничных интегральных уравнений и дискретных вихрей. Рассмотрены технические приемы снижения энергоемкости локализуемых систем вентиляции.

Особый практический интерес представляют изложенные в монографии технические приемы снижения энергоемкости локальных систем вентиляции.

Книга адресована инженерно-техническим работникам, молодым ученым и аспирантам, занятым разработкой и проектированием систем аспирации для горно-металлургических и химических предприятий, заводов по производству строительных материалов и керамики.

Монография представляет самостоятельный и существенный интерес для пищевой технологии, например при переработке и хранении зерна.

**Ю.В. Красовицкий**, заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор,  
**А.Н. Остриков**, д-р техн. наук, профессор,  
**А.А. Шевцов**, д-р техн. наук, профессор,  
**С.Т. Антипов**, д-р техн. наук, профессор

\* Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации. Монография. СПб: Химиздат. 2005. 659 с. (УДК 628.5:533.6)

УДК 666.973.6

О.А. КОКОВИН, канд. техн. наук, В.А. РОМАХИН, инженер,  
ОАО «ВНИИСТРОМ им. П. П. Будникова» (п. Красково Московской обл.)

## К вопросу о росте сырцово-прочности в пенобетонных массивах

При резательной технологии изготовления изделий из неавтоклавного пенобетона на цементном вяжущем технологи сталкиваются с трудностями, обусловленными неодинаковой скоростью набора сырцово-прочности по объему массива.

Учитывая, что резательная технология изготовления пенобетонных изделий находит все более широкое применение, исследование закономерностей, происходящих в твердеющем пенобетонном массиве, представляет значительный интерес.

Во ВНИИСТРОМ разработана методика исследования закономерностей твердения пенобетона на массивах-моделях, формируемых в специальной металлической форме с внутренним размером  $50 \times 50 \times 50$  см. Она основана на принципе прямого измерения основных параметров сырца (температуры, влажности, пластической прочности и др.) в массивах, разрезанных на пластины после достижения пенобетоном распалубочной прочности.

Эта методика была применена в лабораторных условиях ВНИИСТРОМ для изучения закономерностей, влияющих на рост сырцово-прочности в твердеющих пенобетонных массивах.

При исследованиях осуществляли следующие измерения:

- температуры с помощью стационарно закрепленных в массиве термопар и переносных термометров;
- пластической прочности с помощью конусных пластометров по ОСТ 21-43-80;
- влажности методом отбора и высушивания проб по ГОСТ 12730.2.

Измерения параметров пенобетона-сырца проводили в четырех уровнях по высоте массива — от низа на высоте 30, 150, 270 мм и на открытой поверхности, а также в четырех сечениях по ширине: в середине, на расстоянии 80 и 160 мм от середины и на боковых поверхностях.

Сырьевыми компонентами для изготовления пенобетонной смеси служили: портландцемент ПЦ 500-ДО Мальцевского цементного завода (удельная поверхность  $300-330$  м<sup>2</sup>/кг, сроки схватывания: начало — 3 ч 50 мин, конец — 5 ч 00 мин); песок кварцевый с модулем крупности  $M_k=1,05$ ; пенообразователь ПБ-2000, выпускаемый ОАО «Ивхимпром» (г. Иваново); вода.

Основной объем исследований проведен на пенобетонных смесях плотностью 910–960 г/л (плотность пенобетона в сухом состоянии 740–780 кг/м<sup>3</sup>).

Для всех вариантов пенобетонной смеси по плотности соотношение песок : цемент в смеси по массе принимали одинаковым и равным 1:2.

Наибольшая скорость роста температуры и максимальные ее значения (за период испытания) наблюдались для датчиков, расположенных в центральной части массива. Соответственно самые большие приращения температуры отмечены в его центре (рис. 1).

Для массива № 1 (кривая 1 на рисунке) с начальной температурой смеси 25°C (примерно равной температуре воздуха в помещении) интенсивный рост температуры наблюдался с момента, соответствующего началу

схватывания цемента. До начала схватывания в течение 3,5 ч температура смеси медленно росла со средней интенсивностью 0,024 град/мин и достигла в центре массива величины 30°C момента времени, соответствующего началу схватывания цемента; интенсивность приращения температуры постоянно нарастала и увеличилась до 0,09 град/мин. Для массива № 2, имевшего начальную температуру смеси на 9°C больше (кривая 2 на рисунке), интенсивное увеличение температуры происходило уже в первый час твердения пенобетонной смеси, и к началу схватывания цемента (через 3,5 часа) в центре массива температура составляла 42°C, т. е. на 12°C больше, чем в массиве № 1. При этом средняя интенсивность составила 0,04 град/мин. Из сравнения видно, что кривая 2 после момента, соответствующего началу схватывания цемента, близка к прямой линии, что означает примерно постоянную скорость роста температуры в центре массива. Это отличает ее от кривой 1, характеризующейся постоянным увеличением скорости роста температуры после начала схватывания цемента.

Поскольку рост температуры является следствием гидратационного тепловыделения [1], можно считать, что в первом массиве гидратация цемента происходила нарастающими темпами, а во втором — равномерно с постоянной скоростью. Это свидетельствует о том, что начальный подогрев смеси приводит к более интенсивному росту температуры в начальный период и более равномерному росту температуры в процессе твердения.

На боковых и открытых поверхностях массивов температура в течение всего периода испытания менялась незначительно — увеличивалась на 2–3°C.

Темпы роста температуры по объему массива зависели от места расположения точек измерения: прира-

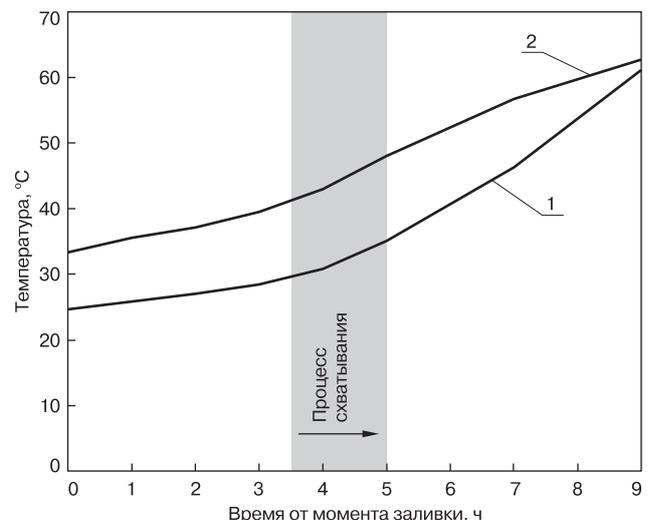


Рис. 1. Графики роста температуры в центре массива: 1 — массив № 1, плотность пенобетонной смеси  $\gamma_{см}=960$  г/л; 2 — массив № 2, плотность пенобетонной смеси  $\gamma_{см}=920$  г/л

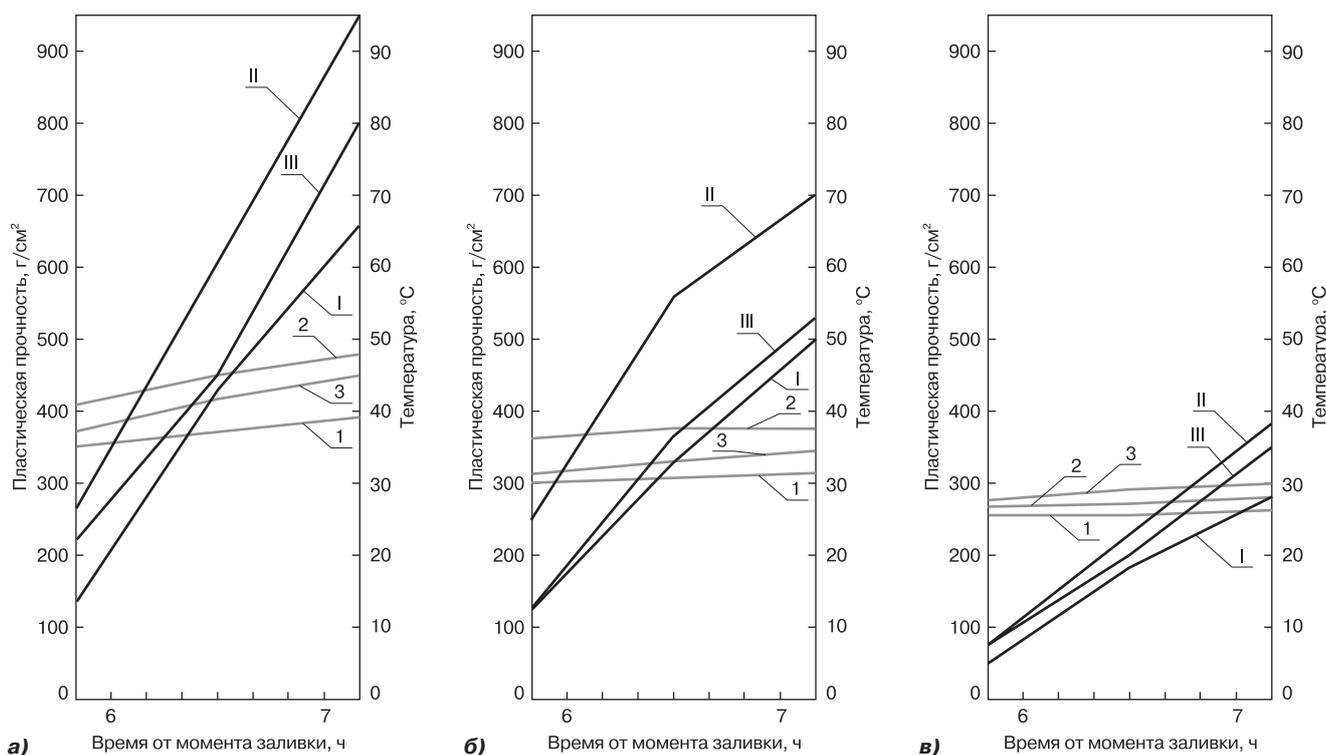


Рис. 2. Графики изменения температуры (1, 2, 3) и пластической прочности (I, II, III): 1, I – измерения на высоте 30 мм от низа массива; 2, II – измерения на высоте 150 мм от низа массива; 3, III – измерения на высоте 270 мм от низа массива; а – центр массива; б – сечение на расстоянии 160 мм от центра массива; в – боковая поверхность массива

щения составляли от 0 до 0,05 град/мин около боковых и открытых поверхностей и 0,08–0,125 град/мин в точках, близких к центру массивов.

Измерения пластической прочности проводили около точек измерения температур, что позволило относить полученные в опытах величины температуры и пластической прочности к одной точке массива. В результате получена картина распределения величин пластической прочности и температуры по объему массивов.

На рис. 2 представлены графики изменения температуры и пластической прочности в плоскости, проходящей через центр массива № 1 (плотность пеномеси 960 г/л), в точках, расположенных в трех уровнях по высоте сечения массива (30, 150 и 270 мм от низа) и в вертикальных сечениях, проходящих: через центр массива (рис. 2а), на расстоянии 160 мм от центра (рис. 2б) и на боковой поверхности (рис. 2в). Из графиков видно, что наибольшие приращения пластической прочности и температуры за время наблюдения зафиксированы в среднем сечении массива, наименьшие – на боковой поверхности. Скорость роста пластической прочности на этапах твердения массива составляла от 3 до 9 г/см<sup>2</sup> в минуту. Наибольший прирост происходил в центре массива (7–9 г/см<sup>2</sup> в мин), наименьший – на боковых поверхностях (3–4,5 г/см<sup>2</sup> в мин).

Из приведенных графиков видно, что температура сырца в рассматриваемых точках массива различалась

по величине и по темпу роста во времени. То же относится и к пластической прочности, однако пропорциональной зависимости роста пластической прочности от роста температуры в опытах не наблюдалось. Например, в точке, расположенной на расстоянии 160 мм от центра на высоте 30 мм (рис. 2б), за период наблюдения температура сырца поднялась всего на 2 градуса, а пластическая прочность в том же месте выросла со 130 до 530 г/см<sup>2</sup>, т. е. в четыре раза. Из этого следует, что в массивах из пенобетона температура сырца и скорость роста сырцової прочности связаны между собой сложной зависимостью и на темпы твердения оказывают влияние другие процессы, происходящие в массиве.

В процессе исследований закономерностей твердения пенобетона из опытных массивов по объему отбирали пробы для определения влажности сырца.

В таблице приведены данные измерения влажности пенобетона-сырца по ширине массива № 1 на уровне его центра. Непосредственно на боковой поверхности пробы на влажность не брали в связи с тем, что поверхностный слой сырца чрезмерно увлажнен конденсатом и загрязнен смазкой, а брали на расстоянии 20 мм от боковой поверхности.

Как видно, с удалением от центра массива влажность сырца возрастает. В целом общий уровень влажности на этапах измерения в течение часа несколько снизился.

№№ этапов измерения	Время от момента заливки формы	Относительная влажность, %		
		в центре массива	на расстоянии 160 мм от центра	на расстоянии 20 мм от боковой грани
1	5 ч 50 мин	23,2	26,2	28,3
2	6 ч 30 мин	21,8	24,5	26,6
3	7 ч 10 мин	20,5	23	25,2

Известно, что для пенобетонов принимаются высокие значения водоцементного отношения, в результате чего количество воды в свежеприготовленной пенобетонной смеси достигает 30 мас. % и более.

В пенобетоне на ранних стадиях твердения процесс структурообразования далек от завершения и свободная вода находится в избытке.

Влажный пенобетонный массив можно рассматривать как термодинамическую систему, содержащую твердое вещество (пористо-капиллярный скелет пенобетона), воду и паровоздушную смесь. Согласно законам термодинамики, при неравномерном температурном поле внутри системы должны происходить процессы массопереноса из зон с более высокой температурой и давлением к зонам с более низкой температурой, в результате чего на участках с низкой температурой количество влаги должно возрастать. Эта закономерность, по нашему мнению, и явилась причиной отмеченного в опытах увеличения влажности пенобетона по мере удаления от центра массива.

Количество воды в пенобетоне существенно сказывается на процессе его твердения. С ростом влажности пенобетона замедляются процессы гидратации цемента, т. е. процессы образования структурных связей и элементов каркаса пенобетона, которые в ранние сроки твердения обеспечивают рост пластической прочности сырца. Это говорит о том, что происходящий в пенобетонном массиве перенос влаги является одним из главных факторов, определяющих характер роста сырцово-й прочности по объему массива.

#### Выводы

1. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что, несмотря на небольшие размеры опытных массива, полученные качественные и количест-

венные картины распределения температуры, пластической прочности и влажности пенобетона по объему массивов отражали закономерности, характерные для больших пенобетонных массивов.

Использование этой методики позволяет оценить особенности применения для резательной технологии того или иного цемента, проверить, как скажутся на росте сырцово-й прочности технологические приемы (подогрев воды, подогрев массива в камере твердения при выдержке, введение ускоряющих или пластифицирующих добавок и т. д.). Это имеет большое практическое значение при организации производства пенобетона по резательной технологии.

2. Исследования позволили установить, что на рост пластической прочности пенобетона и характер ее распределения по объему массива существенное влияние оказывает процесс тепловлагопереноса, определяемый температурным полем массива. Неравномерность температуры по объему массива вызывает неодинаковое давление воздуха и паров воды в порах и капиллярах пенобетона. В результате имеющихся градиентов температуры и давления внутри массива происходит миграция влаги от участков с более высокой температурой к участкам с более низкой температурой, вследствие чего на этих участках увеличивается влажность пенобетона. Тем самым на этих участках замедляются процессы гидратации цемента и задерживается рост сырцово-й прочности пенобетона.

#### Литература

1. *Запорожец И.Д., Окорочков С.Д., Парийский А.А.* Тепловыделение бетона. Изд. литературы по строительству. Л.— М., 1966.

4-я Международная научно-практическая конференция

## Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения

17–19 мая 2006 г.

Республика Беларусь, Минск

#### Организаторы

- Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь
- Научно-исследовательский институт строительных материалов
- ОАО «Забудова»

- Научно-исследовательское и экспериментально-проектное республиканское унитарное предприятие «Институт БелНИИС»
- Научно-производственное общество с ограниченной ответственностью «Стринко»

**17 мая** Выступления ведущих ученых, производственников, проектировщиков и строителей Беларуси, Германии, России, Украины и Эстонии по научно-техническим проблемам производства и применения ячеистого бетона.

**18 мая** Посещение модернизированных заводов с демонстрацией современного оборудования для производства ячеистобетонных изделий по ударной технологии.

**19 мая** Работа по секциям:

- «Модернизация ячеистобетонных производств, работающих по ударной технологии»;
- «Новые архитектурно-строительные системы. Особенности проектирования объектов на основе каркаса с наружными ограждающими конструкциями из ячеистого бетона»;
- «Особенности проектирования из ячеистого бетона индивидуальных жилых домов повышенной комфортности»;
- «Тепловая реабилитация зданий ячеистобетонным утеплителем».

Заявку на участие в конференции просим выслать до 1 мая 2006 г.

#### Оргкомитет

220114 Республика Беларусь, г. Минск, ул. Ф. Скорины, д. 15, к. 2

Телефон/факс: (375-17) 263-66-20, 264-61-75

E-mail: [bsr@telecom.by](mailto:bsr@telecom.by)

УДК 666.64

М. СИНИЦА, канд. техн. наук, заведующий лабораторией,  
А. А. ЛАУКАЙТИС, д-р техн. наук, директор института «Термоизоляция»  
Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса (Литва)

## Долговечность защитного слоя композиционных изделий из пенобетона

Известно, что верхняя заливная сторона затвердевшего пенобетона самопокрывается цементной пленкой [1], которая препятствует сцеплению декоративного покрытия с окрашиваемой поверхностью. Поэтому применяют специальные декоративные покрытия, в составе которых имеются добавки, увеличивающие сцепление с покрываемой поверхностью. Известны способы покрытия поверхностей отделочной крошкой, наносимой на слой клея [2, 3], соединяющего покрываемую поверхность с декоративным отделочным материалом. Также известны способы декоративного покрытия поверхностей изделий при их формировании, включающие укладку декоративного слоя на дно формы [4, 5] с последующей заливкой бетоном или формированием многослойного изделия с верхнеотделочным деко-

ративным покрытием залитого в форму бетона [6].

Целью данной работы является исследование возможности покрытия лицевой поверхности пенобетона методом посыпки или покраски, изучение структуры контактной зоны декоративного слоя покрытия с пенобетоном и определение долговечности покрытий.

Для формирования декоративного слоя применялись: белый портландцемент бельгийского производства; кварцевый песок, просеянный через сита 0,63 и 1,25; акриловая эмаль «Body plast» и поташ-силикатная краска «Silika» фирмы «Sadolin». (Согласно данным фирм, обе краски обладают повышенной способностью сцепления с покрываемой поверхностью).

В качестве поверхности покрытия применялся пенобетон плотно-

стью 800 кг/м<sup>3</sup>, изготовленный из местного сырья.

Цементный порошок или песок наносился на выровненную поверхность сформованных образцов методом равномерной посыпки через сито. Толщина покрывочного слоя определялась визуально (до получения однородного оттенка слоя).

Акриловая эмаль или поташ-силикатная краска наносилась кистью на затвердевшую поверхность образцов.

Качество лицевой поверхности покрытия образцов определялось с помощью оптического микроскопа (увеличение в 100 раз) в отраженном свете без предварительной обработки. После отбора характерных поверхностей излома образцов последние исследовали при помощи электронного микроскопа (Stereoscan SV-10) с увеличением до 600 раз.

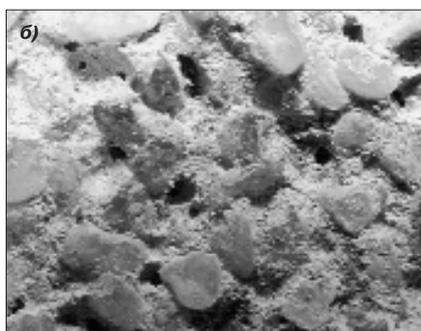


Рис. 1. Декоративное покрытие пенобетона мелкозернистым материалом: а – белым портландцементом (×12), б – песком, просеянным через сито 0,63 (×12)

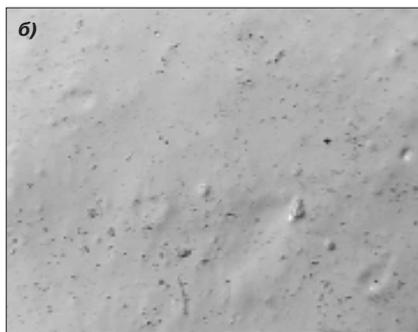
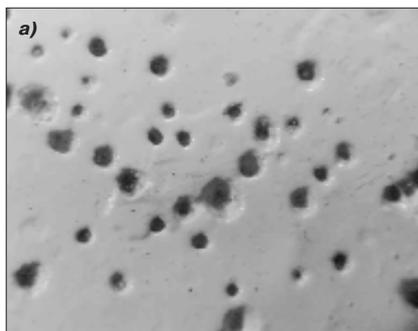


Рис. 2. Поверхность пенобетонных образцов после покраски: а – одним слоем краски (×12); б – двумя слоями (×12)

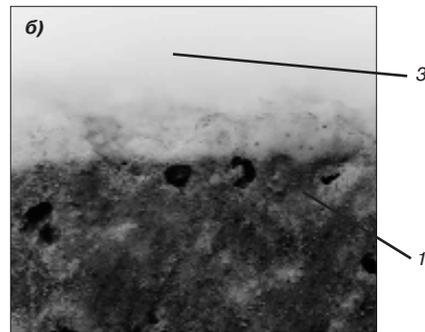
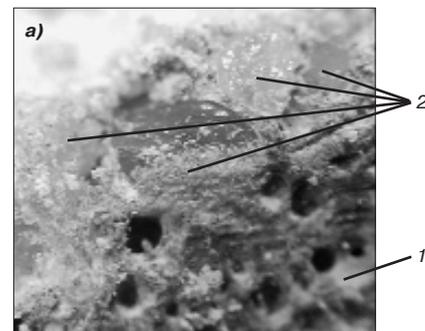


Рис. 3. Контактная зона между посыпкой и пенобетоном, при покраске: а – кварцевым песком фракции 0,63мм (×24); б – белым портландцементом (×24): 1 – пенобетон; 2 – частицы песка; 3 – белый цемент

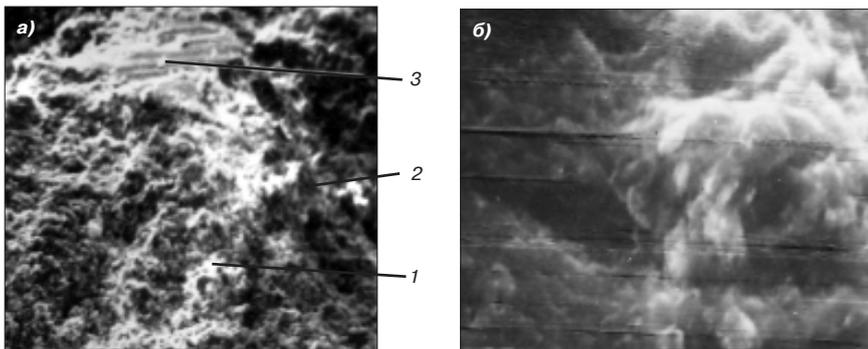


Рис. 4. Контактная зона между покрытием и пенобетоном при покрытии: а – белым портландцементом (X60); б – краской (X600). 1 – пенобетон; 2 – белый цемент; 3 – слой краски

Долговечность покрытия определялась методом одностороннего попеременного замораживания-оттаивания стенки размером 500×1000 мм, сформированной из лабораторных образцов.

При визуальном наблюдении было установлено, что метод посыпки обеспечивает качественную поверхность покрытия за счет мелких частиц покрываемого материала.

На рис. 1 показана поверхность образцов с декоративным покрытием мелкозернистым материалом. Мелкие частицы посыпаемого материала заполняют открытые поры пенобетона и обеспечивают однородную поверхность отделочного слоя. Очень важным нюансом при этом является равномерное распределение посыпаемого материала. При использовании посыпки из белого портландцемента покрытый слой полностью гидратируется влажной незатвердевшего пенобетона. При неравномерном распределении слоя молотой посыпки по толщине неизбежны отклонения от плоскости покрытой поверхности.

В случае применения мелкозернистого песка с пенобетоном соединяются только частицы песка, имеющие увеличенную зону контакта. Та часть частиц посыпки, которая не контактирует с незатвердевшей поверхностью пенобетона или зона контакта недостаточна для фиксации частиц, с покрытой поверхности удаляется при помощи вакуумного отсоса. Чем мельче частицы, тем меньше площадь непокрытой поверхности декоративного слоя. При увеличении крупности частиц песка до фракции 1,25 мм непокрытые участки заметны даже визуально, в то время как такие участки при применении посыпки из частиц песка менее 0,63 мм видны лишь при увеличении (рис. 1б).

В любом случае процесс посыпки мелких частиц на незатвердевшую поверхность пенобетона должен осуществляться механизированным способом с синхронизацией вибрации сита и скорости перемещения покрываемого изделия.

При покраске поверхности пенобетона слой краски ложится на поверхность его лицевых пор. При этом получается неровная поверхность покраски, соответствующая неровностям пенобетона (рис. 2а). Поэтому необходима повторная покраска, обеспечивающая качественную гладкую поверхность (рис. 2б).

Различия в контактной зоне между материалом покрытия и пенобетоном в зависимости от применяемой посыпки показаны на рис. 3. Крупные частицы посыпки (песок фракции 0,63–1,25 мм) углубляются в пенобетон за счет своей массы. При этом пространство между частично погруженными частицами заполняется пенобетоном, что обеспечивает хороший контакт с покрываемым материалом. При гидратации портландцемента такое покрытие образует монолитную структуру с пенобетоном (рис. 3а).

Мелкие частицы белого портландцемента углубляются в открытые пустоты пенобетона и их полностью заполняют. При этом не наблюдается четкого перехода зоны от декоративного слоя к пенобетону (рис. 3б). В увеличенном варианте контактной зоны (рис. 4а) видно, что макроструктура покрытий не отличается от структуры самого пенобетона. Пористость этих двух материалов почти одинакова. Это объясняется тем, что мелкие частицы белого цемента на поверхности пенобетона находятся в «свободном», а не в прикатанно-уплотненном состоянии и при гидратации цемента обеспечивают пористую структуру покрытия, идентичную структуре пенобетона. Такая структура покрытия не препятствует миграции водяного пара через слой покрытия и обеспечивает «дыхание» композитных материалов в стеновых конструкциях.

При покраске поверхности наблюдается противоположный вариант. Пленка краски имеет четко выраженное отличие от структуры пенобетона (рис. 4б). При более плотном слое краски обеспечивается

достаточно хороший контакт с покрываемой поверхностью, так как нижний слой покрытия, контактирующий с пенобетоном, соответствует всем неровностям его покрываемой поверхности.

Проверка покрытий на долговечность показала, что наиболее устойчивым покрытием является посыпка из белого портландцемента. После 100 циклов попеременного замораживания-оттаивания изменений в покрытии не замечено, в то время как покрытие из песчаной посыпки после 100 циклов разрушилось до 15%. Частицы, не имевшие достаточного контакта с пенобетоном, не выдержав при этом возникших напряжений, вызванных различием между линейными деформациями пенобетона и кварцевого песка, отслаивались от поверхности покрытия.

В случае применения покрытия из красок на основе поташ-силикатных и акриловых составляющих степень его разрушения после 100 циклов замораживания-оттаивания достигает 2% из краски «Bodyplast» и 3% для краски «Silika».

Исследования показали, что наиболее приемлемым материалом для нанесения декоративного слоя на пенобетон является посыпка поверхности незатвердевшего изделия частицами сухого белого портландцемента. Этот метод обеспечивает долговечность композиционного материала за счет качественного сцепления покрытия и однородности макроструктуры покрытия и пенобетона.

Краски на основе поташ-силикатных и акриловых составляющих, также пригодны для окрашивания пенобетона, обеспечивая хорошую долговечность.

Мелкозернистая песчаная посыпка с величиной зерен до 0,63 мм обеспечивает удовлетворительную декоративную отделку пенобетона.

#### Список литературы

1. *Силаенков Е. С.* Долговечность изделий из ячеистых бетонов. Москва, 1986. 176 с.
2. *Сажнев Н. П. и др.* Производство ячеисто-бетонных изделий. Теория и практика. Минск, 1999. 285 с.
3. *Микульский В. Г. и др.* Строительные материалы. М., 2000. 534 с.
4. Патент RU № 2005625. Способ изготовления многослойной декоративной панели. Тертышный С. Б., Сахаров В. С. 1994.
5. Патент RU № 2045635. Плоский ограждающий строительный элемент и способ его изготовления. Шамис Е. Е. и др. 1995.

Э.Р. СУБХАНКУЛОВА, инженер, В.В. КОНДРАТЬЕВ, канд. техн. наук, Н.Н. МОРОЗОВА, канд. техн. наук, В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук, Казанский государственный архитектурно-строительный университет

## Трещинообразование пенобетона плотностью 200 кг/м<sup>3</sup>

Пенобетон широко используется в строительстве как один из эффективных строительных материалов. Этот материал заслуживает особого внимания вследствие присущих ему специфических свойств, таких как негорючесть, биологическая стойкость, низкая теплопроводность, позволяющих производить из него высокоэффективные и долговечные конструкции, в первую очередь ограждающие.

Однако ячеистая структура обуславливает как достоинства, так и недостатки пенобетона. Повышенная пористость обеспечивает высокие теплозащитные свойства материала, но одновременно снижает его прочность. Нельзя обойти стороной и проблему пониженной трещиностойкости пенобетонов естественного твердения, причиной которой является усадка [1], причем с уменьшением плотности она возрастает.

Было проведено исследование развития усадочных деформаций в пенобетоне плотностью 200 кг/м<sup>3</sup>.

Образцы пенобетона плотностью 200 кг/м<sup>3</sup> готовились по двухстадийной технологии. Сначала готовилось цементное тесто путем затворения цемента водой, затем готовилась техническая пена: раствор пенообразователя взбивали в лабораторном миксере (200–300 об/мин) в течение 5 мин. Далее смешивали цементное тесто с пеной в течение 5 мин и заливали смесь в формы размером 40×40×160 мм.

Образцы хранились в нормальных условиях при 22–25°C и влажности более 90% до достижения возраста: одна серия образцов – 1 мес, вторая – 2 мес, третья – 3 мес. После достижения образцами указанного возраста они подвергались испытаниям на усадку при высыхании.

Для определения усадки при высыхании в центре каждой торцевой грани образца (40×40×160 мм) эпоксидной смолой укрепляли репер из нержавеющей стали. Перед испытанием измеряли длину образцов и взвешивали их. Образцы насыщали водой погружением в горизонтальном положении в воду температурой (20±2)°C в течение 3 сут. После насыщения образцы выдерживали в плотно закрытом эксикаторе над водой при температу-

ре (20±2)°C в течение 3 сут. Непосредственно после извлечения из эксикатора образцы взвешивали и делали начальный отсчет по индикатору. Серия образцов хранилась на воздухе при температуре 20–25°C и влажности 55–65%. В течение первых четырех недель измерения длины и массы образцов проводили каждые 3–4 сут. В дальнейшем измерения проводили не реже одного раза в неделю до достижения образцами постоянной массы. Для каждого образца вычисляли значение усадки при высыхании  $\epsilon_i = (l_0 - l_i) / L \times 1000$ , где  $l_0$  – начальный отсчет по индикатору после водонасыщения образца, мм;  $l_i$  – отсчет по индикатору после  $i$  дней выдержки образца на воздухе, мм;  $L$  – длина образца, м.

Из полученных данных видно (рис. 1), что чем дольше пенобетон твердел в нормальных условиях, тем меньше показатель усадки при высыхании.

В процессе твердения пенобетона в его структуре образуются дефекты в виде микротрещин, рассеянных в межпоровом материале.

Результатом появления подобных дефектов является большой объем открытых капиллярных пор в материале, что ведет к уменьшению объема условно-закрытых пор и, как следствие, к большему водопоглощению пенобетона.

Исследовано водопоглощение образцов пенобетона, твердевших в нормальных условиях в течение 1, 2 и 3 мес (рис. 2, 3). Для определения водопоглощения были приготовлены образцы размером 100×100×100 мм по описанной выше технологии. Полученные образцы твердели в нормальных условиях в течение 1 мес – первая серия, 2 мес – вторая и 3 мес – третья. Затем часть образцов высушивалась до постоянной массы при температуре (105±5)°C. Далее образцы помещали в емкость, наполненную водой с таким расчетом, чтобы уровень воды в емкости был выше верхнего уровня уложенных образцов примерно на 50 мм. Температура воды в емкости составляла (20–25)°C. Испытание проводили до тех пор, пока результаты двух последовательных взвешиваний не отличались более чем на 0,1%.

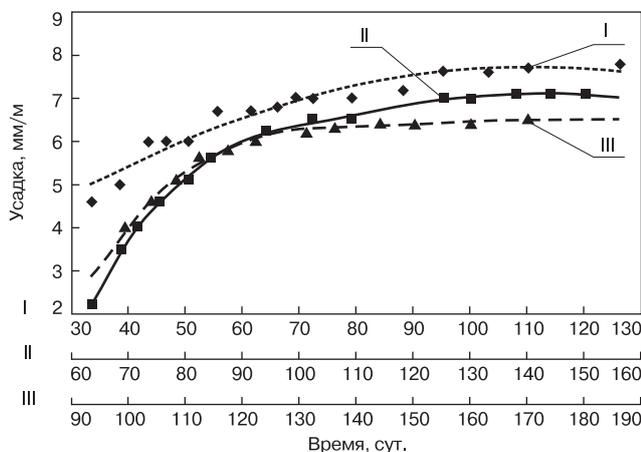


Рис. 1. Зависимость усадки образцов пенобетона плотностью 200 кг/м<sup>3</sup> при высыхании: I – твердевшие 1 мес в нормальных условиях; II – 2 мес; III – 3 мес

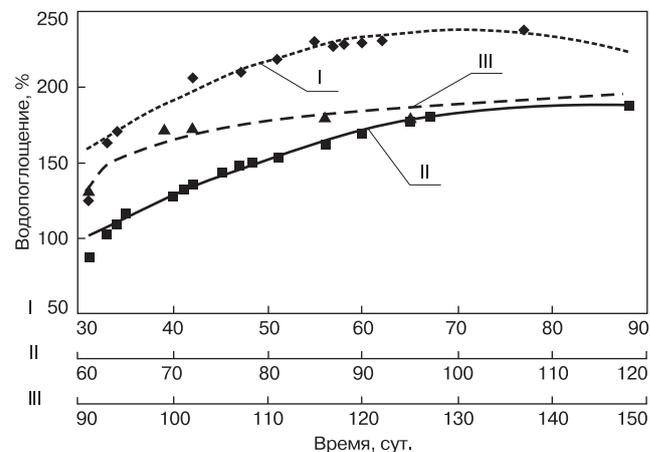


Рис. 2. Водопоглощение образцов пенобетона плотностью 200 кг/м<sup>3</sup>, твердевших в нормальных условиях и предварительно высушенных при 105°C: I – 1 мес; II – 2 мес; III – 3 мес

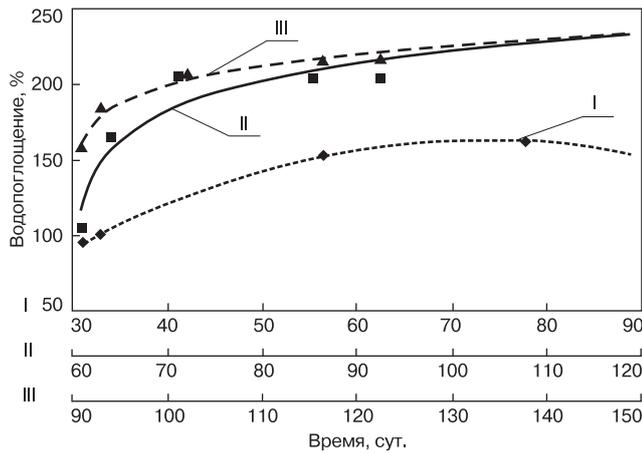


Рис. 3. Водопоглощение образцов пенобетона плотностью 200 кг/м<sup>3</sup>, твердевших в нормальных условиях: I – 1 мес; II – 2 мес; III – 3 мес

Водопоглощение пенобетона отдельного образца по массе  $W_m$  в процентах определяли с погрешностью до 0,1% по формуле  $W_m = (m_c - m_b) / m_c \times 100$ , где  $m_c$  – масса высушенного образца, г;  $m_b$  – масса водонасыщенного образца, г (рис. 2).

Пенбетон после 1 мес твердения в нормальных условиях поглотил меньше воды, чем пенбетон после 2 и 3 мес твердения (рис. 3). Можно предположить, что в процессе твердения даже во влажных условиях появляются микродефекты в структуре материала, что подтверждается большим водопоглощением образцов.

В случае, когда образцы предварительно высушивались перед водонасыщением, большее водопоглощение имели образцы, твердевшие 1 мес, а меньшее – 2 мес

(рис. 2). Сушка образцов при 105°C повлияла на развитие трещин в большей степени в пенбетоне возраста 1 мес, а образцы, твердевшие 2 и 3 мес, характеризовались меньшим показателем водопоглощения.

Таким образом, водопоглощение без предварительной сушки образцов, твердевших 1 мес, меньше, чем у образцов, твердевших 2 и 3 мес. Это связано скорее всего с меньшим количеством дефектов, появляющихся при твердении пенобетона.

В то же время образцы, твердевшие 1 мес, имеют меньшую трещиностойкость, чем образцы, твердевшие 1 и 2 мес в нормальных условиях, что обуславливает их большее водопоглощение после предварительной сушки при 105°C.

В нормальных условиях твердения даже в течение длительного периода (2 и 3 мес) возникают дефекты в структуре пенобетона, но они имеют иной характер, чем дефекты, возникающие при высыхании материала. Трещины, появляющиеся во влажных условиях, скомпенсированы, поскольку они являются следствием процесса гидратации, а не влажностной усадки. В дальнейшем в материале при высыхании (естественном и при повышенных температурах – 105°C) уже не появляются те разрушающие дефекты, которые негативно сказываются на физико-механических показателях пенобетона плотностью 200 кг/м<sup>3</sup>.

Следовательно, для достижения пенобетоном плотностью 200 кг/м<sup>3</sup> большей трещиностойкости необходимо обеспечить его твердение во влажных условиях в течение 2 мес.

**Литература**

1. Прошин А.П., Береговой В.А., Краснощеков А.А., Береговой А.М. Пенбетон (состав, свойства, применение). Пенза: ПГУАС. 2003. 162 с.

www.woodbuild.ru

# WOODBUILD

Международная выставка дерева  
в строительстве и архитектуре

14-17 Марта  
Москва, Крокус Экспо

## 2006

**Официальная поддержка:**

**Информационная поддержка:**

**Организатор**

**Оргкомитет**

тел.: (495) 858-18-22  
факс: (495) 255-70-69  
e mail: woodbuild@tm expo.ru  
http://www.woodbuild.ru

А.А. ВИШНЕВСКИЙ, инженер, Уральский государственный технический университет – УПИ (Екатеринбург)

## Новые возможности ускорения процесса получения жидкого стекла при атмосферном давлении

Основным способом получения жидкого стекла является растворение стекловидных щелочных силикатов (силикат-глыбы). Чаще всего растворение осуществляется в автоклавах различного типа при  $T=130-150^{\circ}\text{C}$  и давлении до 1 МПа [1]. Альтернативой традиционному автоклавному способу получения жидкого стекла является растворение силиката при атмосферном давлении. Главное преимущество безавтоклавных способов – это исключение из схемы автоклава, благодаря чему упрощается технология, повышается уровень безопасности, отпадает необходимость подачи пара, снижаются энергетические и капитальные затраты. Основной недостаток – низкая скорость растворения силиката по сравнению с автоклавным производством.

В настоящее время накоплен обширный опыт по интенсификации растворения твердых тел при атмосферном давлении: применение механоактивации растворяемого вещества, увеличение скорости обтекания твердой фазы жидкостью, применение катализаторов и др. [2, 3]. Однако сведений об использовании этих достижений при безавтоклавном производстве жидкого стекла в литературе не приводится.

Изучена возможность ускорения процесса растворения щелочных силикатов при атмосферном давлении за счет их предварительной механической активации. Механическая обработка осуществлялась в вибрационной мельнице. Сравнительный анализ мелющих установок показал, что данный аппарат

может рассматриваться как надежный диспергатор и эффективный активатор щелочных силикатов [4]. В эксперименте использовался натриевый силикат (силикат-глыба) с кремнеземистым модулем 3,27 и исходным размером зерен 3–5 мм. Растворение проводили в лабораторной мешалке при  $T=90^{\circ}\text{C}$ .

Исследования показали, что полнота растворения возрастает с увеличением продолжительности обработки силиката и достигает максимума для продукта, измельченного в течение 80–100 мин (см. таблицу). При этом получается более плотный раствор и количество непрореагировавшей силикат-глыбы минимально. Силикат, измельченный в течение 100 мин, удается растворить практически полностью за 30 мин.

Повышение растворимости можно было бы объяснить повышением дисперсности частиц силиката, которое должно происходить с увеличением продолжительности механической обработки. Однако исследования показали, что существенный рост удельной поверхности (по БЭТ) в процессе виброизмельчения щелочных силикатов заканчивается к 20 мин (см. рисунок). После 40 мин обработки имеет место снижение ее величины, что связано с агрегацией частиц. Следовательно, повышение растворимости силиката не может объясняться только изменением размера частиц.

Было зафиксировано, что в процессе измельчения происходит разуплотнение обрабатываемого вещества – за 80 мин плотность силиката снижается с 2,43 до 2,38 г/см<sup>3</sup>. По-

добное разуплотнение вероятнее всего свидетельствует о формировании дефектов структуры. В данном случае дефектность структуры меняется за счет микротрещин, вакансий, дырок.

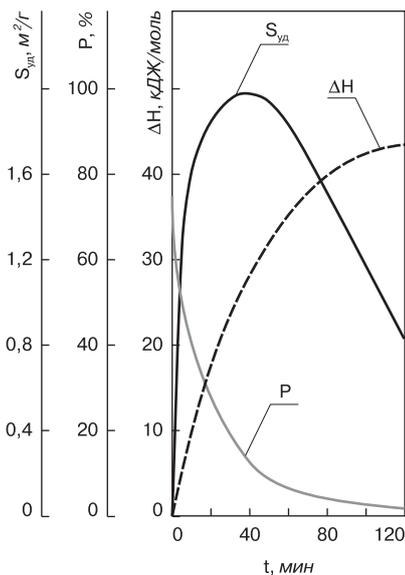
Для изучения структурных изменений образцы щелочного силиката исследовали методом инфракрасной спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния. Механическая обработка силиката приводит к значительным структурным нарушениям и влияет на ближний порядок стеклообразного силиката натрия. Нарушения структуры, происходящие в ходе обработки, заключаются в частичном разрушении и ослаблении связей Si–O–Si и Me–O. При этом разрыв силоксановых связей приводит к деполимеризации анионного каркаса и увеличению количества немостиковых атомов кислорода. В частности, происходит замещение кремнекислородных тетраэдров с двумя немостиковыми атомами кислорода на тетраэдры SiO<sub>4</sub> с четырьмя немостиковыми атомами кислорода. Также разрыв мостика Si–O–Si приводит к появлению анионной вакансии. Компенсация возникшей вакансии может происходить за счет перегруппировки структуры, например перемещения иона-модификатора, или за счет частичного гидролиза.

Разрушение связи Na–O приводит к миграции щелочного иона по структуре стекла и образованию различных гидратных соединений.

Отмечено, что деструкция щелочных силикатов вызывает изменение его энергетического состояния. По данным ДТА, в ходе процесса измельчения силикат приобретает дополнительную энергию. Особенно интенсивно величина приобретенной энергии растет в первые 80 мин обработки, достигая 44 кДж/моль (см. рисунок). Далее она практически не меняется.

Таким образом, можно говорить о том, что деструкция обрабатываемого силиката приводит к повышению его внутренней энергии. Приобретенная энергия, как показывают литературные данные [5, 6], может реализоваться в так называемых

Продолжительность измельчения силикат-глыбы в вибромельнице, мин	Параметры жидкого стекла		Количество непрореагировавшего силиката, мас. %
	плотность, г/см <sup>3</sup>	вязкость, сПз	
20	1,415	197	21
40	1,438	592	11
60	1,449	776	5
80	1,455	962	2
100	1,456	1000	0,3
120	1,452	900	1,1



Изменение избыточной энтальпии ( $\Delta H$ ), удельной поверхности ( $S_{уд}$ ), количества непрореагировавшего (P) натриевого силиката с  $M = 3,27$  в процессе виброизмельчения

эффектах последствия при последующем растворении активированного силиката и ускорить данный процесс.

В связи с этим появляется возможность по-новому интерпретировать результаты растворения щелочного силиката, приведенные выше. Повышение растворимости силиката в начальный период обработки можно объяснить как приростом удельной поверхности, так и вкладом приобретенной энергии. Однако после 20 мин измельчения поверхность перестает существенно увеличиваться за счет агрегации частиц, тогда как растворимость силиката продолжает оставаться высокой. В то же время в этот период происходит существенное повышение величины избыточной энтальпии. В связи с этим можно предположить, что у образцов, измельченных в течение 20–100 мин, растворимость повышается за счет энергии, приобретаемой на стадии активации, вследствие нарушения структуры обрабатываемого силиката. Что касается дальнейшего уменьшения растворимости силиката (более 120 мин обработки), то оно скорее всего связано со снижением эффективности механической обработки вследствие повышенной агрегации зерен.

Таким образом, обработка щелочных силикатов в вибромельнице приводит к повышению их растворимости. При этом растворимость силиката возрастает как за счет повышения дисперсности обрабатываемого силиката, так и за счет структурных нарушений. При этом, как

показал эксперимент, последние оказывают более существенное влияние на растворимость силиката.

Предложен возможный механизм повышения растворимости щелочных силикатов в процессе их механической активации. Деструкция силиката заключается в ослаблении и разрушении его силоксановых связей. Ослабление связей приводит к снижению их энергии, следовательно, требуется меньше подводимой энергии в процессе активации для разрушения связей и перевода вещества в раствор. Разрушение силоксановых связей приводит к деполимеризации трехмерной сетки  $SiO_2$  и образованию менее полимеризованных кремнекислородных группировок. Благодаря этому снижается прочность кремнеземистого каркаса и процесс высвобождения мономерных и полимерных анионов идет интенсивнее. Кроме того, разрушение анионного каркаса приводит к частичному гидролизу силиката, что также интенсифицирует процесс его растворения.

Наконец, образование дефектов структуры (трещин, вакансий, дырок) будет ускорять миграцию щелочных ионов в раствор, а также движение молекул воды в фазу стекла.

Таким образом, предварительная механическая активация силиката в вибромельнице может рассматриваться как способ, позволяющий существенно интенсифицировать процесс растворения щелочного силиката при атмосферном давлении.

На основе изложенных выше принципов предложен новый способ безавтоклавного получения жидкого стекла [7]. По данному способу силикат подвергается предварительной механической активации в вибрационной мельнице в течение 60–120 мин с последующим растворением при температуре 90–100°C в виброреакторе. Последний представляет собой вибрационный массообменный аппарат, перемешивание в котором осуществляется за счет вертикальных возвратно поступательных перемещений двух перфорированных дисков. Продолжительность растворения силиката составляет 20–40 мин.

Данный способ лег в основу новой безавтоклавной технологии получения жидкого стекла [8]. Предложена конструкция нового виброреактора АВ-300, позволяющая получать за 1 цикл (20–40 мин) до 300 кг жидкого стекла различного вида, в том числе высокомодульного ( $M > 3$ ).

Жидкое стекло, полученное по разработанной технологии, по своей структуре и основным технологическим свойствам не отличается

от продукта автоклавного растворения [9]. А при производстве сварочных материалов выявлены преимущества от использования данного стекла по сравнению с автоклавным аналогом [8].

Стекло, произведенное по предложенной технологии, успешно использовалось в производстве электродов различного назначения, лакокрасочных материалов, для модификации бетонов, пропитки деревянных конструкций, склеивания бумажных изделий, грануляции мелкодисперсных материалов. Во всех случаях конечный продукт удовлетворял всем предъявляемым требованиям.

Разработанная технология внедрена в условиях ЗАО «Завод сварочных материалов» (г. Березовский, Свердловская область).

#### Список литературы

1. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. СПб.: Стройиздат. 1996. 216 с.
2. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука. 1986. 305 с.
3. Аксельруд Г.А., Молчанов А.Д. Растворение твердых веществ. М.: Химия. 1977. 272 с.
4. Семериков И.С., Вишневский А.А., Татауров В.В. Изучение процесса измельчения щелочных силикатов. // Сб. научных трудов «Строительство и образование». Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2002. Вып. 5. С. 167–169.
5. Молчанов В.И., Селезнева О.Г., Жирнов Е.Н. Активация минералов при измельчении. М.: Недра, 1988. 208 с.
6. Осокин А.П., Сулименко Л.М. Механическая активация – перспективное направление в совершенствовании силикатных материалов // Труды научно-практической конференции «Наука и технология силикатных материалов – настоящее и будущее». М.: ЦПО «Информация и образование». 2003. Т. 1. С. 144–162.
7. Вишневский А.А., Вишневский А.А., Балин А.Н. Способ получения жидкого стекла. Патент РФ № 2491011 С01 В 33/32 // Опубл. 10.12.2002. БИ. № С.
8. Вишневский А.А., Вишневский А.А., Балин А.Н. Технология получения жидкого стекла для сварочного производства // Сварочное производство. 2005. № 2. С. 45–46.
9. Вишневский А.А., Семериков И.С. Получение жидкого стекла по безавтоклавному способу // Стекло и керамика. 2004. №. С. 25–26.

## Алгоритм определения термодинамических потенциалов дорожной одежды

При рассмотрении процесса строительства автомобильной дороги как техногенеза, а дорожной одежды – как термодинамической инженерно-геологической системы приходим к необходимости для оценки эксплуатационных качеств дорожной одежды определять значения термодинамических потенциалов ее материала.

За начальное значение внутренней энергии  $U_0$  дорожной одежды примем величину, эквивалентную суммарной работе, совершаемой над дорожной одеждой транспортом за период времени от завершения строительства до начала утраты упругих свойств последней. Момент начала потери этих свойств характеризуется снижением величины внутренней энергии дорожной одежды. Определение суммарной работы транспортных средств за указанный период времени в зависимости от категории дороги и особенностей ее эксплуатации представляется вполне реальным.

Для определения внутренней энергии дорожной одежды воспользуемся уравнением термодинамического состояния системы [1]:

$$F = U - TS, (1)$$

где  $T$  – температура,  $S$  – энтропия.

Величина  $TS$  связана с коэффициентом диссипативности  $k$ , представляющим отношение количества теплоты  $Q$ , подводимого к поверхности дорожного покрытия, к величине работы  $A$ , совершаемой над этой поверхностью:

$$k = Q/A. (2)$$

Коэффициент диссипативности  $k$  зависит от температуры окружающего воздуха  $\tilde{T}$  и состояния асфальтобетонного покрытия, которое, например, характеризуется коэффициентом пластичности  $\xi$ , равным отношению полного прогиба конструкции при нагружении к упругому прогибу. Формально эту зависимость, которую необходимо установить экспериментально, запишем как

$$k = k(\tilde{T}, \xi). (3)$$

В силу второго закона термодинамики  $k < 1$ , поэтому дополнительная внутренняя энергия, получаемая дорожным покрытием вследствие его контакта с транспортным средством, всегда меньше работы, которую совершает над покрытием автомобильной дороги транспортное средство.

Получим аналитическое выражение коэффициента диссипативности в виде функции термодинамических потенциалов Гиббса [2]. Такими термодинамическими или характеристическими потенциалами являются:  $G$  – изобарно-изотермический потенциал (энергия Гиббса);  $F$  – изохорно-изотермический потенциал (энергия Гельмгольца или свободная энергия);  $H$  – энтальпия.

Установим количество теплоты  $Q$ , подводимой к поверхности покрытия в процессе контакта последнего с транспортным средством, исходя из неравенства [3]

$$Q^i - Q^e \geq 0, (4)$$

где  $Q^i$  – скорость притока теплоты к дорожному покрытию;  $Q^e$  – скорость оттока теплоты из окружающей среды, здесь  $Q^e = dQ/dt$ ,  $t$  – время.

Из нестрогого неравенства (4) следует, что скорость притока теплоты в систему не меньше скорости оттока теплоты из окружающей среды.

Записав первое начало термодинамики в виде

$$U = Q + A (5)$$

и проинтегрировав его по времени, получим

$$dU/dt = Q^e + dA/dt. (6)$$

С другой стороны,

$$Q^i = T dS/dt. (7)$$

С учетом формул (6) и (7) неравенство (4) можно записать в форме:

$$(dA - dU)dt + T dS/dt \geq 0. (8)$$

Используем соотношение между характеристическими функциями

$$U = F + TS. (9)$$

Дифференцируя равенство (9) и подставляя полученный результат в неравенство (8), получим:

$$(dA - dF)dt - S dT/dt \geq 0. (10)$$

Рассмотрим случай, когда в выражении (4) стоит знак равенства, соответственно в равенства превратятся и нестрогие неравенства (8) и (10). Тогда из выражения (10) получим:

$$dA/dt = dF/dt + S dT/dt. (11)$$

Интегрируя обе части уравнения (11), можно записать:

$$A = F + TS. (12)$$

Из условия равенства левой части выражения (4) нулю следует также, что

$$Q^e = Q^i. (13)$$

Или с учетом (7)

$$Q^e = dQ/dt = T dS/dt. (14)$$

Интегрируя выражение (14), получим:

$$Q = S T. (15)$$

После подстановки формул (12) и (15) в выражение (2) коэффициент диссипативности приобретает вид:

$$k = \frac{TS}{F + TS}. (16)$$

Или с учетом формулы (1) получаем

$$k = TS/U. (17)$$

Вычислив начальное значение коэффициента диссипативности  $k_0$  экспериментально, либо в лабораторных условиях, либо непосредственно на объекте после завершения строительства, можно при выбранной начальной температуре  $T_0$  определить начальный уровень энтропии дорожной одежды:

$$k = \frac{TS}{F + TS}. (16)$$

В этом случае величину энтропии запишем как

$$k = \frac{TS}{F + TS}. \quad (16)$$

здесь  $C_\gamma$  – объемная теплоемкость дорожной одежды.

Учитывая тот факт, что по мере старения дорожной одежды снижается плотность ее материала, соответственно возрастает удельная теплоемкость и коэффициент пластичности  $\xi$ , логично сделать следующее допущение: объемная теплоемкость дорожной одежды пропорциональна коэффициенту пластичности:

$$C_\gamma = k_\gamma \xi, \quad (20)$$

где  $k_\gamma$  – коэффициент пропорциональности.

Тогда с учетом формулы (20) выражение (19) приобретает вид

$$k = \frac{TS}{F + TS}. \quad (16)$$

Определив вариацию энтропии

$$k = \frac{TS}{F + TS}. \quad (16)$$

согласно [4], получим выражение коэффициента пропорциональности:

$$k = \frac{TS}{F + TS}. \quad (16)$$

Значение  $k_\gamma$  вычислим из начального условия:  $\xi=1$ . Действительно, после завершения строительства дорожная одежда упруга, а значит, коэффициент пластичности  $\xi$ , представляющий отношение полного прогиба дорожной одежды при нагружении к его упругой составляющей, равен 1. Тогда значение коэффициента пропорциональности вычислим по формуле:

$$k = \frac{TS}{F + TS}. \quad (16)$$

В результате получаем возможность определять значение энтропии при данной температуре  $T$  в зависимости от числа нагружений  $n$ , поскольку в работе [1] установлена аналитическая зависимость  $\xi$  от  $n$ :

$$\xi = 1 + \frac{\alpha}{1!} + \frac{\alpha^2}{2!} + \dots + \frac{\alpha^n}{n!} + \frac{e^{\theta\alpha} \alpha^{n+1}}{(n+1)}. \quad (25)$$

Здесь  $0 < \theta < 1$ ;  $\alpha$  – определяемый коэффициент, зависящий от свойств дорожной одежды и условий эксплуатации,  $0 < \alpha < 1$ ;  $e$  – основание натурального логарифма.

Аналогично представим выражение внутренней энергии дорожной одежды в виде:

$$k = \frac{TS}{F + TS}. \quad (16)$$

Подставляя в выражение (26) формулу (17) и решая получившееся уравнение относительно  $U$ , будем иметь:

$$k = \frac{TS}{F + TS}. \quad (16)$$

Подставляя выражение (27) в формулу (1), получим выражение величины свободной энергии дорожной одежды в виде:

$$k = \frac{TS}{F + TS}. \quad (16)$$

Определив такие базисные термодинамические потенциалы, как  $U$  и  $S$ , нетрудно установить значение энтропии  $H$  и энергии Гиббса  $G$  [3]:

$$\begin{aligned} H &= U + pV, \quad (29) \\ G &= H - TS, \quad (30) \end{aligned}$$

где  $p$ ,  $V$  – давление и объем соответственно.

Величину  $pV$  определим экспериментально после завершения строительства дорожной одежды. Далее, считая  $p$  и  $V$  обратными пропорциональными величинами, будем рассматривать величину  $pV$  как константу. Исходим также из принятой гипотезы [4] о том, что вариации энтропии при строительстве дорожной одежды и ее эксплуатации равны по модулю:

$$|\delta S_c| = |\delta S_{ex}|. \quad (31)$$

Здесь  $\delta S_c$ ,  $\delta S_{ex}$  – соответственно вариации энтропии при строительстве и эксплуатации дорожной одежды.

Иначе говоря, полное разрушение материала дорожной одежды наступает при выполнении условия (31). Поэтому, определив вариацию энтропии в заданный момент времени, можно определить энергетический уровень других термодинамических потенциалов, а также судить о степени износа и старения дорожной одежды.

Таким образом, в данной статье разработана методика и построен алгоритм, позволяющие осуществлять аналитический мониторинг уровня термодинамических потенциалов материала дорожной одежды, что дает возможность обоснованно назначать сроки ремонтных работ.

#### Список литературы

1. Завьялов М.А., Завьялов А.М. Энергетический баланс дорожного покрытия // Известия вузов. Строительство. 2005. № 6. С. 73–78.
2. Гиббс Дж. В. Термодинамика. Статистическая механика. М.: Наука. 1982. 584 с.
3. Ключников В.Д. Физико-математические основы прочности и пластичности. М.: Изд-во МГУ. 1994. 189 с.
4. Завьялов М.А., Завьялов А.М. Зависимость межремонтных сроков службы асфальтобетонного покрытия от вариации энтропии в процессе строительства // Известия вузов. Строительство. 2004. № 9. С. 70–73.

### Специальная литература



#### Серия дайджестов «Совершенствование строительных материалов»

В дайджест «Сухие строительные смеси» вошли статьи, опубликованные в журнале «Строительные материалы»® в 1998–2003 гг. – всего около 100 статей по тематическим разделам: технологии и оборудование; результаты научных исследований; компоненты сухих строительных смесей; применение сухих строительных смесей; нормативная база и критерии качества; обзоры.

По вопросам приобретения дайджеста «Сухие строительные смеси» обращайтесь в редакцию журнала «Строительные материалы»®.

Телефон/факс: (495) 124-32-96, 124-09-00

E-mail: mail@rifsm.ru

Т.Н. ЧЕРНЫХ, инженер, Л.Я. КРАМАР, канд. техн. наук, Б.Я. ТРОФИМОВ, д-р техн. наук, Южноуральский государственный университет (Челябинск)

## Свойства магнезиального вяжущего из бруситовой породы и их взаимосвязь с размерами кристаллов периклаза

Основным процессом при обжиге магнезиальных пород на строительное магнезиальное вяжущее является разложение исходных минералов с образованием магнезии (периклаза, MgO). Активность магнезии оказывает существенное влияние на ее свойства. Д.С. Белянкиным [1] показано, что при нагревании магнезит теряет углекислоту и превращается в периклаз, который первоначально находится в высокоактивном состоянии  $\alpha$ -MgO, а затем переходит в низкоактивную форму  $\beta$ -MgO.

В обоих случаях как при низкой, так и при высокой активности магнезиальное вяжущее не может быть использовано для строительных целей из-за склонности получаемого магнезиального камня к самопроизвольному растрескиванию. Причем материал, состоящий преимущественно из  $\alpha$ -MgO, растрескивается уже в первые несколько суток после схватывания, а вяжущее, содержащее в своем составе низкоактивную форму  $\beta$ -MgO (пережог), образует трещины после длительного твердения [2, 3, 4, 5].

Рядом исследователей [1, 2, 3] показано, что активность магнезии зависит от степени закристаллизо-

ванности образующегося периклаза и степени его уплотнения, которые являются прямой характеристикой активности магнезиальных вяжущих и обуславливают многие их свойства, в частности склонность к растрескиванию.

Можно предположить, что общие положения, предложенные исследователями при изучении процессов обжига магнезита, применимы и к другим высокомагнезиальным породам, однако при этом необходимо принимать во внимание минералогические особенности различных пород, и особенно вид примесных минералов, которые могут существенно повлиять на указанные процессы.

В настоящей работе исследовали бруситовую породу третьего сорта Кульдурского месторождения, которая является перспективным сырьем для производства магнезиальных вяжущих строительного назначения. К особенностям этого сырья относится высокое содержание примесных серпентиноподобных минералов.

Цель работы – выявление влияния размеров кристаллов периклаза на процессы твердения исследуемых вяжущих и их склонность к растрескиванию.

Размер кристаллов периклаза определялся в вяжущих, полученных в интервале температур 500–1200°C; время обжига было фиксировано и составляло 2 ч, материал обжигали в лабораторной камерной печи ПКЛ-1,2. После обжига и охлаждения материал размалывали в вибромельнице и после дополнительного усреднения отбирали пробы для исследований. Степень закристаллизованности периклаза оценивали по среднему размеру кристаллов с помощью рентгеноструктурного анализа. Склонность вяжущих к растрескиванию опреде-

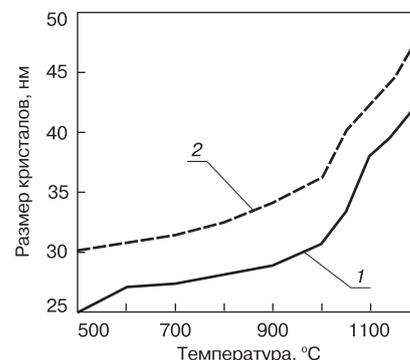


Рис. 1. Изменение величины размеров кристаллов MgO при изменении температуры обжига. Размер кристаллов по направлению вектора: 1 – 2-0-0; 2 – 1-1-1

Температура обжига, °C	Средний размер кристаллов по направлению вектора 2-0-0, нм	Средний размер кристаллов по направлению вектора 1-1-1, нм	Склонность к растрескиванию	
			Внешний вид образцов	Условия хранения
500	25,1	30,14	Сплошная сеть трещин	Воздушная среда, 1 сут
600	27,32	31,02	Сплошная сеть трещин	Воздушная среда, 1 сут
700	27,51	31,73	Сплошная сеть трещин	Воздушная среда, 1 сут
800	28,24	32,81	Сплошная сеть трещин	Воздушная среда, 3 сут
900	29,09	34,52	Сплошная сеть трещин	Воздушная среда, 3 сут
1000	31,04	36,78	Несколько мелких несквозных трещин	Водная среда, 1 сут
1050	33,71	39,78	1–2 мелкие несквозные трещины	Водная среда, 7 сут
1100	38,54	42,88	Отсутствие трещин	Водная среда, 7 сут
1150	40,38	45,2	Отсутствие трещин	Водная среда, 7 сут
1200	43,2	48,1	Отдельные сквозные трещины	Водная среда, 7 сут

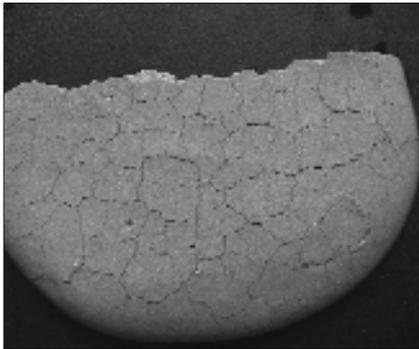


Рис. 2. Магнезиальный камень из высокоактивного вяжущего, полученного при низких температурах обжига

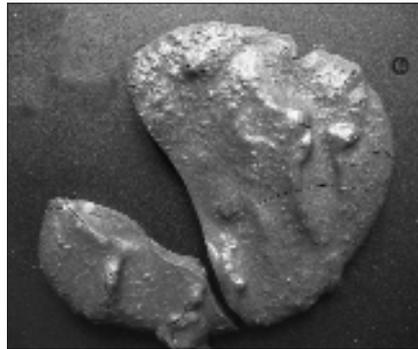


Рис. 3. Магнезиальный камень из низкоактивного вяжущего, полученного при высоких температурах обжига

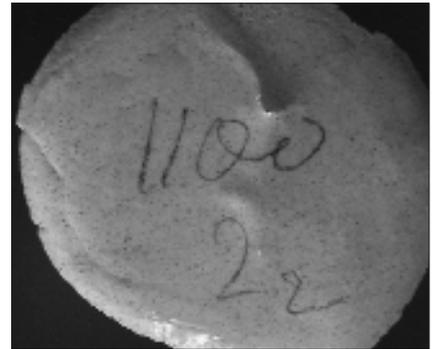


Рис. 4. Магнезиальный камень из вяжущего средней активности, полученного при оптимальных температурах обжига

ляли по аналогии с методом определения равномерности изменения объема цемента по ГОСТ 310.3–76, исключая кипячение; испытания проводили на образцах-лепешках из магнезиального теста нормальной густоты, определенной по методике ГОСТ 23789–79.

В процессе исследования выявлена зависимость между температурой обжига бруситовой породы и размером кристаллов периклаза. Результаты сведены в таблицу, а вид полученной зависимости представлен на рис. 1.

Судя по зависимостям, представленным на рис. 1, изменение размера кристаллов периклаза происходит неравномерно. Вначале до температуры около 1000°C скорость роста кристаллов невысока и составляет в среднем 0,012–0,013 нм/град. При дальнейшем повышении температуры начинается активная кристаллизация оксида магния, скорость роста кристаллов повышается в 4–5 раз и составляет 0,056–0,061 нм/град. Такой характер изменения степени закристаллизованности можно объяснить окончанием процесса разложения примесных минералов породы при температурах свыше 1000°C и созданием благоприятной среды для кристаллизации продуктов разложения.

При испытании полученных вяжущих на склонность к растрескиванию (см. таблицу) было отмечено, что вяжущие, не образующие трещин, получают при температурах около 1100°C, то есть при некотором среднем оптимальном значении активности оксида магния в вяжущем и размерах кристаллов 38–45 нм.

Для вяжущего высокой активности, полученного при низких температурах обжига, трещины образуются в самом начале твердения. Обычно они имеют вид сплошной сетки, разбивающей магнезиальный камень на отдельные блоки (рис. 2).

Образование трещин в магнезиальном камне из высокоактивного

вяжущего можно объяснить следующим. В начале твердения оксид магния, являясь чрезвычайно активным, начинает очень быстро гидратировать с образованием гидроксидов магния. Параллельно с этим идет реакция образования гидроксихлоридов. Реакции протекают очень быстро, растущие кристаллы гидроксихлоридов образуют прочные твердые сростки, а избыток гидроксида магния вытесняется на периферию и распределяется по поверхности этих блоков.

В последующем гидроксид магния начинает перекристаллизовываться, отдавая лишнюю воду и уменьшаясь в объеме, что приводит к образованию трещин усадки (при хранении на воздухе). Если поместить такой образец в воду, то слойка из неводостойкого гидроксида магния размякнет и образец распадется на плотные прочные кусочки магнезиального камня, состоящего из гидроксихлоридов.

В случае с вяжущим, полученным при высоких температурах обжига и имеющим в своем составе оксид магния в основном пониженной активности, вид трещин и механизм растрескивания принципиально другой. В таком магнезиальном камне образуются отдельные радиальные сквозные трещины (рис. 3) в достаточно поздние сроки твердения (от нескольких месяцев до года). Это явление связано с тем, что магнезиальный камень содержит непрореагировавший периклаз, постепенная гидратация которого после затвердевания магнезиального вяжущего сопровождается увеличением объема и является причиной образования трещин и разрывов.

Вяжущее, полученное при оптимальных режимах обжига, имеющее среднюю активность и размеры кристаллов 38–43 нм, не образует трещин при твердении (рис. 4).

Итак, основной характеристикой магнезиального вяжущего строительного назначения, формирующего при твердении структуру,

устойчивую к растрескиванию, является активность, которая зависит от размера кристаллов периклаза.

Для магнезиального вяжущего, полученного из бруситовой породы третьего сорта Кульдурского месторождения, оптимальным является размер кристаллов периклаза 38–43 нм.

Вяжущие, состоящие из периклаза как с меньшими, так и с большими размерами кристаллов, образуют трещины в процессе твердения. В первом случае – за счет усадочных явлений при удалении излишней воды из гидроксида магния, образовавшегося по поверхности сростков из гидроксихлоридов вследствие высокой активности магнезии. Во втором случае причиной растрескивания является низкоактивный MgO, начинающий гидратировать с увеличением объема в сформировавшейся структуре магнезиального камня.

#### Список литературы

1. *Белянкин Д.С., Иванов Б.В., Лапин В.В.* Петрография технического камня. Изд. АН СССР. 1952.
2. *Корнеев В.И., Сизоненко А.П., Медведева И.Н., Новиков Е.П.* Особобыстротвердеющее магнезиальное вяжущее. Часть 1 // Цемент. 1997. № 2. С. 25–28.
3. *Корнеев В.И., Сизоненко А.П., Медведева И.Н., Новиков Е.П.* Особобыстротвердеющее магнезиальное вяжущее. Часть 2 // Цемент. 1997. № 4. С. 33–36.
4. *Крамар Л.Я., Королев А.С., Горбаненко В.М., Нурждин С.В.* Бетоны на магнезиальных вяжущих для водостойких полов / Сб. докладов научно-практической конференции «Проблемы повышения надежности и качества строительства». Челябинск. 2003.
5. *Нурждин С.В., Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я.* Модифицированные магнезиальные вяжущие повышенной водостойкости // Сб. научных трудов. НГЛУ. 2002.

Л.Я. КРАМАР, канд. техн. наук, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск)

## О требованиях стандарта к магнезиальному вяжущему строительного назначения

Каустический магнезит, или цемент Сореля, затворяемый водными растворами хлорида или сульфата магния, представляет для строителей определенный интерес благодаря быстрому набору прочности, повышенной прочности при изгибе, износостойкости и другим свойствам.

Изучением свойств каустического магнезита и разработкой требований к этому вяжущему в нашей стране занимались с начала XX века А.А. Байков, В.П. Лапшин, С.И. Килессо, А.М. Кузнецов, В.В. Шелягин, А.П. Ваганов и др. Однако до сих пор строители не знают, каким должно быть магнезиальное вяжущее, чтобы при его эксплуатации не возникли непредсказуемые деформации изделий, приводящие к короблению и разрушению. Чтобы избежать проявления подобных неприятных явлений, необходимо знать причину, их вызывающую, и наладить четкий контроль качества составляющих как самого магнезиального вяжущего, так и затворителя. При этом методы контроля качества вяжущего должны быть по возможности экспрессными, информативными и простыми.

Оценку пригодности затворителя проводят по химическому составу и плотности используемого раствора. Качество магнезиального вяжущего должно характеризоваться как химическим составом, так и комплексом физических и технологических характеристик, по которым можно было бы обеспечить высокие эксплуатационные свойства получаемых на основе этого вяжущего материалов и изделий.

Технические условия действующего в настоящее время ГОСТ 1216–87 «Порошки магнезитовые каустические (ПМК-75)» рекомендуют использовать в качестве вяжущего строительного назначения отход огнеупорной промышленности – пыль с электрофильтров печей производства периклаза, но необходимых, на наш взгляд, требований, гарантирующих его строительнотехнические свойства, не содержат.

Целью настоящей работы является выявление наиболее значимых характеристик магнезиального вяжущего, определяющих его свойства и поведение при использовании в строительстве.

Для этого предварительно рассмотрим требования, предъявляемые разными странами к специально выпускаемому для строительных целей магнезиальным вяжущим. Сводные данные характеристик магнезиального вяжущего строительного назначения, включающие существовавшие в СССР до 60-х годов нормативы ОСТ 3035–33, германский DIN 273 ч. 1, норматив США ASTM 323 и действующий в России ГОСТ 1216–87, помещены в таблицу.

Так, регламентируемый химический состав вяжущего в соответствии с ГОСТ 1216–87, включающий содержание  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $SiO_2$  и изменение массы при прокаливании, должен представлять информацию о полезной и вредной части вяжущего. При этом, если говорить о полезной составляющей  $MgO$ , то в нормативе отображено только общее содержание оксида магния, определяемое химическим методом. Эта характеристика может включать свободный  $MgO$ , а также связанный с угольной кислотой ( $MgCO_3$ ) и с водой  $Mg(OH)_2$ . Кроме того, свободный  $MgO$  может быть разной степени закристаллизованности: слабозакристаллизованным, почти аморфным и высокоактивным, среднезакристаллизованным и соответственно среднеактивным, а также в виде обожженного периклаза, так называемого пережога, пред-

ставляющего хорошо закристаллизованный слабоактивный материал [1, 2]. Следовательно, эта часть ГОСТа не уточняет, в каком виде в вяжущем присутствует  $MgO$ , определяющий его основные технические свойства, качество и долговечность получаемых материалов.

Оксид кальция ( $CaO$ ) в магнезиальном вяжущем может присутствовать в виде  $CaO$  – пережога, который вызывает значительное изменение объема, появление трещин в затвердевшем камне и его коробление, а также в виде  $Ca(OH)_2$  или  $CaCO_3$ , присутствие которых для материала не опасно.

Оксид кремния ( $SiO_2$ ) не оказывает какого-либо отрицательного влияния на свойства магнезиального вяжущего, а его присутствие в вяжущем может в некоторой степени повысить водостойкость получаемого при твердении магнезиального камня. Следовательно, содержание в вяжущем некоторого количества оксида кремния желательно.

Потери при прокаливании указывают на присутствие в вяжущем или карбоната магния, или присоединенной активной  $MgO$  воды, что может свидетельствовать в первом случае о недостаточном обжиге исходной породы и вследствие этого о присутствии в вяжущем высокоактивной магнезии, снижающей трещиностойкость магнезиального камня, а во втором – о плохом хранении вяжущего, приводящем к снижению его активности.

Технологическими характеристиками каустического магнезита в соответствии с ГОСТ 1216–87 являются дисперсность порошка, предусматривающая полный проход через сито 02, сроки схватывания магнезиального вяжущего после затворения  $MgCl_2$  – начало и конец схватывания магнезиального теста нормальной густоты, а также предел прочности при растяжении. По этим характеристикам, за исключением начала схватывания, невозможно предсказать поведение материалов на магнезиальном вяжущем при эксплуатации, особенно на основе побочных продуктов производства.

Большинство рассматриваемых стандартов обязательно включают требование к равномерности изменения объема. В действующем ГОСТ 1216–87 этот показатель отсутствует, что представляется крупным упущением. Без испытания вяжущего на равномерность изменения объема нельзя быть уверенным в том, что изделие при эксплуатации не покоробится или не растрескается. Такое явление в магнезиальном вяжущем может возникнуть вследствие неоднородного состава магнезии, включающей наравне с нормально обожженным вяжущим слабообоженный оксид магния или его пережог [3, 4]. Примерно такую же роль играет показатель истинной плотности вяжущего из саткинских магнезитов, принятый в ранее существовавшем ОСТ 3035–33 в пределах от 3,2 до 3,4 г/см<sup>3</sup>. Этот показатель позволяет при использовании сырья с одного месторождения контролировать получение вяжущего с содержанием среднезакристаллизованного, с умеренной активностью  $MgO$ . При получении магнезиального вяжущего из пород, значительно отличающихся минеральным составом, а также количеством основного компонента и примесей, значения истинной плотности, указывающие на присутствие среднезакристаллизованного  $MgO$ , будут другими. Следовательно, этот показатель не является универсальным.

Зарубежные стандарты включают также в качестве важной характеристики насыпную плотность вяжущего при до-

Нормативный документ	СССР, ОСТ 3035–33		Германия DIN 273 ч. 1	США ASTM 323	Россия ГОСТ 1216–87
Предмет стандартизации	Магнезит каустический строительный молотый*		Каустическая магнезия – тонкомолотый вяжущий материал для строительства**	Пластический магнезиальный цемент для строительства***	Порошки магнезитовые каустические ****
	специальный	обыкновенный			
<b>Химический состав</b>					
Содержание MgO, %, не менее	83	83	80	80	75
Содержание CaO, %, не более	2,5	4,5	4	4	4,5
Содержание остатка нерастворимого в HCl, %, не более	2,5	–	–	–	3,5
Содержание (SiO <sub>2</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), %, не более	–	–	14	14	–
Содержание (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), %, не более	2,5	–	–	–	–
Потери при прокаливании, %, не более	8	8	8	8	18
<b>Физические свойства</b>					
Влажность, %, не более	не должна быть		–	–	1,5
Плотность, г/см <sup>3</sup>	3,2–3,4		–	–	–
Насыпная плотность при вибрировании, г/дм <sup>3</sup>	–		1300	1300	–
Остаток на сите 02, %, не более	5	–	3	3	0
Остаток на сите 009, %, не более	25	–	25	25	–
Остаток на сите 0063, %, не более	–	–	45	45	–
<b>Механические свойства</b>					
Начало схватывания, мин, не менее	40	–	40	1 ч	20
Конец схватывания, ч, не позднее	8	–	5	8	6
Равномерность изменения объема	В комнатных условиях изменение объема должно быть равномерным		Изменение длины: не больше +1,2% и не меньше – 1,5%	Лепешки после 1 сут твердения, обработанные паром при 90°С, не должны показывать искривлений, трещин и распада	–
Временное сопротивление растяжению, кг/см <sup>2</sup> , не менее в возрасте, сут	10	–	–	13	15
1	20	–	–	23	–
7	35	–	–	–	–
28	–	–	–	–	–
Прочность при изгибе, МПа, в возрасте, сут	–	–	–	2,6	–
1	–	–	–	–	–
3	–	–	4	–	–
7	–	–	5	4,1–6	–
28	–	–	6	–	–
Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут	–	–	–	–	–
3	–	–	9	–	–
7	–	–	14	–	–
28	–	–	18	–	–
* Образцы для испытаний изготовляют из смеси каустического магнезита с опилками в отношении массовых частей 3:1 затворенной хлоридом магния с $\rho=1,18$ г/см <sup>3</sup> ; магнезиальное тесто должно быть нормальной густоты (НГ определяют по ГОСТ 310.3–76). Использовалось вяжущее для производства ксилолита и фибролита, не исключалась возможность применения этого вяжущего для производства жерновов, полов и других изделий на минеральных заполнителях; ** образцы для испытаний изготовляют из смеси каустического магнезита с опилками в отношении 2:1 затворенной хлоридом магния с $\rho=1,16$ г/см <sup>3</sup> ; магнезиальное тесто должно быть нормальной густоты. Предпочтение отдается использованию в гераклитах, ксилолитах и фибролитах; *** образцы для испытаний изготовляют из смеси каустического магнезита с опилками в отношении 3:1 затворенной хлоридом магния с $\rho=1,16$ г/см <sup>3</sup> ; магнезиальное тесто должно быть нормальной густоты. Следует отметить, что изделия из магнезиального вяжущего производят как на органических, так и на минеральных заполнителях; **** нормальную густоту и образцы для определения сопротивления растяжению изготовляют на магнезиальном тесте, затворенном раствором хлорида магния с $\rho=1,2$ г/см <sup>3</sup> . Вид используемых заполнителей не оговаривается, так как применяют магнезиальный цемент с органическими и минеральными заполнителями.					

полнительной вибрации, с помощью которой можно полнее характеризовать пригодность вяжущего для применения в строительных целях. Исследования, проводимые на кафедре «Строительные материалы» Южно-Уральского государственного университета, показали, что слабоакристаллизованый MgO при размоле сильно электризуется и соответственно плохо уплотняется. Насыпная плотность слабоакристаллизованного MgO в уплотненном состоянии колеблется в пределах 0,9–0,95 г/см<sup>3</sup>, а насыпная плотность сильно акристаллизованного MgO составляет 1,25–1,35 г/см<sup>3</sup>. Для среднеакристаллизованного вяжущего, стойкого к растрескиванию, насыпная плотность при использовании дополнительного уплотнения должна быть 1,15–1,25 г/см<sup>3</sup>, расхождение между параллельными испытаниями не должно превышать ± 0,03 г/см<sup>3</sup>. Следовательно, насыпная плотность магнезального вяжущего при дополнительном уплотнении может служить косвенной характеристикой его пригодности для использования в строительных целях.

Сроки схватывания вяжущего кроме уточнения особенностей работы с ним дают также информацию об активности оксида магния. Так, если начало схватывания вяжущего составляет 20 мин и менее, то оно непременно содержит в некотором количестве высокоактивный, слабообожженный MgO, что для качественного магнезального вяжущего строительного назначения нежелательно. Слишком затянувшиеся сроки схватывания указывают на присутствие в вяжущем значительного количества пережога, что вызовет в последующем растрескивание полученных на этом вяжущем изделий [5]. Как видно из таблицы, начало схватывания в ОСТ 3035–33 и DIN 273 ч. 1 должно быть не менее 40 мин, а стандарт США предусматривает начало схватывания магнезального вяжущего через 60 мин. Российский ГОСТ 1216–87 допускает начало схватывания не менее чем через 20 мин после затворения, что позволяет считать пригодными для использования в строительстве любые магнезальные порошки с непредсказуемыми техническими свойствами.

Для строительных изделий должна определяться несущая способность, поэтому важной характеристикой магнезальных вяжущих является прочность при сжатии ( $R_{сж}$ ) и изгибе ( $R_{изг}$ ); эти характеристики включены в немецкий и американский нормативы, в стандарте России их нет. По величине  $R_{сж}$  через 1 сут твердения можно судить об активности вяжущего, а по прочности вяжущего в возрасте 28 сут о его марке.

Таким образом, проведенный анализ требований к магнезальному вяжущему в России и за рубежом позволяет сделать следующие выводы:

- состав технических требований и их количественные характеристики в существующем ГОСТ 1216–87 должны быть пересмотрены;
- в качестве основной характеристики необходимо ввести показатель равномерности изменения объема, который даст сведения о склонности вяжущего к растрескиванию;
- необходимо изменить требование к сроку начала схватывания;
- следует ввести в стандарт показатель насыпной плотности при дополнительном вибрировании и принять его равным 1,15–1,25 г/см<sup>3</sup>, который в сочетании с равномерностью изменения объема позволит контролировать пригодность магнезального вяжущего для применения в строительстве;
- необходимо ввести в стандарт показатель активности магнезального вяжущего по прочности при сжатии в возрасте 1 сут и характеристику прочности при сжатии ( $R_{сж}$ ) в возрасте 28 сут твердения.

**Список литературы**

1. *Белянкин Д. С.* Петрография технического камня. М.: Недра. 1956. 780 с.
2. *Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я., Горбаненко В.М.* Получение магнезального вяжущего для строительных целей // Композиционные строительные материалы. Теория и практика. Сб. науч. трудов. Пенза, 2002. С. 217–219.
3. *Черных Т.Н., Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я.* Особенности обжига Кульдурского брусита с целью получения магнезального вяжущего // Международный сб. науч. трудов «Совершенствование качества строительных материалов и конструкций». Новосибирск, 2004–2005. С. 155–160.
4. *Черных Т.Н., Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я., Шаповал А.В.* Влияние степени акристаллизованности периклаза на свойства магнезального вяжущего // Вестник БГТУ. № 9. Спецвыпуск. Материалы Международной научно-практической конференции «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии». Белгород, 5–7 октября. 2005. С. 247–249.
5. *Нуждин С.В., Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я.* Оценка факторов, влияющих на склонность изделий из каустического магнезита к растрескиванию // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. № 9. Спецвыпуск. Материалы Международной научно-практической конференции «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии». Белгород, 5–7 октября. 2005. С. 166–168.

**18–20 мая 2006 г.  
г. Ольштын, Польша**

Варминско-Мазурский университет, отделение технических наук, (г. Ольштын, Польша),

Варшавский институт строительства дорог и мостов, приглашают на VIII научно-техническую конференцию

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Оргкомитет:**

Universytet Warminsko-Mazurski w Olsztynie  
Wydział Nauk Technicznych  
«VIII Konferencja Naukowo-Techniczna»  
ul. Heweliusza 4, 10-724 Olsztyn-Kortowo  
E-mail: [sitar@uwm.edu.pl](mailto:sitar@uwm.edu.pl)  
Телефон/факс: +(48-89) 523-47-79

**Председатель оргкомитета** –  
д-р техн. наук Лезек Качмарек  
**Секретарь** – Беата Микульска

**Тематика конференции**

- строительные материалы, изделия и конструкции
- транспортное и гидротехническое строительство
- геотехника
- технология и организация строительства
- строительство коммуникаций
- архитектура и градостроительство

Конференция организована для работников научных, проектных, подрядных и строительных организаций, производителей строительных работ и компаний, осуществляющих надзор за строительством.

УДК 662.998

И.Л. МАЙЗЕЛЬ, канд. техн. наук, исполнительный директор Ассоциации производителей и потребителей трубопроводов с индустриальной полимерной изоляцией; Г.В. БУЛЫГИН, технический директор ЗАО «МосФлоулайн» (Москва)

## Применение предизолированных пенополиуретаном труб для теплоснабжения

Надежность, долговечность и энергоэффективность тепловых сетей может быть обеспечена массовым применением индустриальных конструкций трубопроводов с пенополиуретановой изоляцией. Потери тепла могут быть снижены в десять раз, эксплуатационные затраты – в девять.

Протяженность тепловых сетей в России составляет, по разным оценкам, от 180 до 280 тыс. км в двухтрубном исполнении. На сегодняшний день для 80% трубопроводов тепловых сетей превышен срок безаварийной службы. Более 30% тепловых сетей находится в ветхом состоянии и требует ремонта, причем с каждым годом состояние ухудшается.

Если в 1997 г. требовалось заменить 14,4% общей протяженности теплотрасс (каждый седьмой километр), а в 2000 г. эта цифра возросла до 16,2% (каждый шестой километр), то в 2004 г. требовал замены уже каждый пятый километр. Количество аварий и повреждений в тепловых сетях к 2004 г. увеличилось с 0,1–0,2 (в 80-е годы) до 3 на 1 км/год. Однако в настоящее время заменяют не более 0,5–1% от общей протяженности сетей вместо 4–5% по нормативу. При этом плановый ремонт практически уступил место аварийно-восстановительному, что в 3–4 раза дороже и менее качественно.

В таблице приведена средняя стоимость работ по устранению одного дефекта на трубопроводе тепловой сети. Данные получены на основе опыта эксплуатации тепловых сетей и фактических затрат ГУП «ТЭК СПб» по ликвидации аварий.

По статистике МЧС за 2003–2004 гг. аварии с нарушением теплоснабжения объектов жилищно-коммунального хозяйства были зарегистрированы в Бурятии, Карелии, Коми и Якутии, Усть-Ордынском автономном округе, Амурской, Архангельской, Волгоградской и многих других областях.

В России традиционно основным способом создания тепловых сетей являлась подземная, так называемая канальная прокладка (84%). С помощью бесканальной подземной прокладки выполняется примерно 10% от общего объема работ. В качестве теплоизоляционных материалов в каналах используется порядка 90% изделий из минеральной ваты (маты и плиты). Применение

для этих целей цилиндров из минеральной и стеклянной ваты составляет не более 0,1%.

Основные причины катастрофического состояния российских тепловых сетей заключаются в массовом применении подземной канальной прокладки трубопроводов и использовании недолговечных теплоизоляционных материалов. Действительно, никакая гидроизоляция (защитные покрытия из стеклопластиков, гидроизола, полимерных пленок, штукатурки), а также гидрофобизация волокнистых материалов не защищают трубопроводы от увлажнения при длительной эксплуатации, а следовательно, и от ухудшения их теплофизических характеристик, прежде всего от увеличения коэффициента теплопроводности и коррозии. Фактический срок службы таких трубопроводов для магистральных сетей составляет 12–15 лет, распределительных и квартальных сетей – 7–8 лет, сетей горячего водоснабжения – 3–5 лет, то есть значительно ниже нормативного, равного 25 годам.

По мнению специалистов, выходом из кризисной ситуации в теплоснабжении, сложившейся в нашей стране, является широкое использование при строительстве и ремонте тепловых сетей трубопроводов с пенополиуретановой (ППУ) изоляцией.

Конструкции теплопроводов с ППУ и гидроизоляционным защитным слоем применяют в Америке и Западной Европе, особенно в северных странах, уже более 40 лет. Такой способ реализации тепловых сетей помог ряду стран развить систему централизованного теплоснабжения (Дания, Норвегия, Швеция и др.) и преодолеть энергетический кризис 70-х годов.

В России трубы с индустриальной ППУ-изоляцией производят и успешно эксплуатируют более 10 лет. За счет высокого качества трубопроводов затраты на их техническое обслуживание снижаются более чем в 9 раз, вследствие чего стоимость тепловых сетей, приведенная к одному году эксплуатации, уменьшается на 20–30% по сравнению с аналогичной тепловой сетью, выполненной традиционным методом. При бесканальной прокладке тепловых сетей трубами с ППУ-изоляцией в полиэтиленовой оболочке не требуется устраивать дорогостоящие каналы и камеры для установки запорной арматуры (рис. 1). В конструкции трубопро-

Стоимость работ по этапам, р	Диаметр трубопровода, мм					
	57–89	108–219	273–426	529–630	720–820	920–1020
Ликвидация аварий	11669	13388	28954	37732	53893	64117
Благоустройство	1750	2008	4343	5660	8084	9618
Дополнительные затраты (упущенная выгода за недоотпуск тепла потребителям и потери при опорожнении участка теплопровода)	1757	11770	213924	666000	9700001	4137300
Стоимость устранения одного дефекта	15176	27166	247220	709334	1032000	14211000



**Рис. 1.** Бесканальная прокладка стальных теплопроводов с пенополиуретановой изоляцией



**Рис. 2.** Гибкие полимерные теплопроводы с пенополиуретановой изоляцией

водов предусматривается система оперативного дистанционного контроля (СОДК), стоимость которой не превышает 1,5% от стоимости тепловой сети. Эта система позволяет своевременно выявлять и устранять возникающие дефекты, в первую очередь увлажнение ППУ, тем самым предотвращать аварии, типичные для тепловых сетей других конструкций. Кроме того, нет необходимости в защите трубопровода от блуждающих токов, а также в устройстве дренажа.

Обследование тепловых сетей ООО «Теплосеть сервис» показало, что за последние 9 лет количество повреждений их в Москве составило для труб с ППУ-изоляцией около 0,01 на 1 км трассы в год, для прочих прокладок – более 1,2. Основные повреждения труб с ППУ-изоляцией были связаны с механическими повреждениями при проведении земляных работ, разрушением элементов для подключения приборов СОДК – 62%; лишь 4% повреждений связаны с внутренней и 0% с внешней коррозией.

Таким образом, технико-экономические расчеты, проведенные для новых конструкций теплопроводов, показывают, что их применение позволяет:

- увеличить срок службы до 30–40 лет;
- снизить тепловые потери в 10 раз – до 2% (старые типы трубопроводов – до 20–40%);
- снизить капитальные затраты на 15–20%; эксплуатационные – в 9 раз; ремонтные – в 3 раза;
- уменьшить время прокладки в 3–4 раза;
- исключить влияние блуждающих токов, приводящих к внешней коррозии;
- исключить аварийность благодаря обязательной установке системы дистанционного контроля.

Достоинства современного метода строительства тепловых сетей настолько очевидны, что сегодня в нескольких регионах России (Москва, Вологодская область, Татарстан, Тюмень, Ханты-Мансийск, Екатеринбург, Бурятия и др.) приняты постановления об обязательном использовании труб с ППУ-изоляцией при прокладке тепловых сетей. В соответствии с Московской городской целевой программой (№ 672-ПП от 28.09.2004 г.) по энергосбережению на 2004–2008 гг. и на перспективу до 2010 г. предполагается модернизация систем теплоснабжения на основе использования бесканальной прокладки сетей в ППУ-изоляции. Следует отметить, что по данным Департамента топливно-энергетического хозяйства Москвы, благодаря внедрению трубопроводов с ППУ-изоляцией в нескольких районах города (Южное Бутово, в некоторых районах Люблино) уже три года не производится отключение

горячего водоснабжения на гидравлические испытания, что создает более комфортные условия жизни граждан.

Для сетей горячего водоснабжения с трубами диаметром до 160 мм, а также для тепловых сетей с температурным графиком 95–70°C, строящихся путем бесканальной прокладки, производятся гибкие теплоизолированные ППУ полимерные трубы из сшитого полиэтилена (рис. 2). Срок службы полимерных труб превышает 50 лет. Длина полимерных труб в бухте может достигать при диаметре 32 мм 1240 м, а при диаметре 110 и 160 мм – 420 и 185 м соответственно.

Замена полимерных труб на гибкие гофрированные нержавеющие стальные трубы позволяет повысить температуру применения такого комбинированного трубопровода до 130°C при диаметре труб до 127 мм. Эти трубы также выпускаются промышленностью.

Существенным преимуществом гибких труб является необходимость минимального количества неподвижных опор, практически полное отсутствие стыковых соединений, компенсаторов, отводов. Все это делает трассу из гибких труб конкурентоспособной с теплопроводами из традиционных стальных труб. Область применения гибких труб – низкотемпературные внутриквартальные сети, протяженность которых значительно превышает протяженность первичных сетей.

Очевидно, что заменить все износившиеся трубы в тепловых сетях на надежные и долговечные современные конструкции в ближайшие годы нереально, но стремиться к их использованию для нового строительства, реконструкции и больших объемов ремонтных работ необходимо.

В настоящее время в России созданы условия для широкого применения трубопроводов современных конструкций: в 35 регионах действует около 80 предприятий, выпускающих трубы с индустриальной ППУ-изоляцией. Так, в Центральном округе около 35 предприятий, в том числе в Москве и Московской области 25 предприятий, в Северо-Западном округе – 8, в Поволжском – 9, в Уральском – 9, в Сибирском – 9, в Южном – 5. Общая примерная мощность этих предприятий составляет около 10 тыс. км/год как магистральных, так и разводящих трубопроводов. Однако из-за недостатка в финансировании ЖКХ мощность предприятий используется в среднем на 30–60%. Каждый год с 2000 г. выпускается и укладывается 2,5–3 тыс. км труб тепловых сетей и горячего водоснабжения, что составляет до 10% потребности.

Для обеспечения массового и качественного применения трубопроводов с ППУ-изоляцией был разработан пакет нормативной документации:

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 30732–2001 «Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке»;
- СТ 4937-001-18929664–04 «Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана со стальным защитным покрытием»;
- СП 41-105–2002 «Проектирование и строительство тепловых сетей бесканальной прокладки из стальных труб с индустриальной тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке»;
- РД 10-400-01 «Нормы расчета прочности трубопроводов тепловых сетей»;
- Компьютерные программы «СТАРТ»;
- СНиП 41-02–2003 «Тепловые сети»;
- СНиП 41-03-2003 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов»;
- СП 41-107–2004 «Проектирование и монтаж подземных трубопроводов горячего водоснабжения из труб ПЭ-С с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке» и др. В 2006–2007 гг. намечена разработка национального стандарта на стальные трубы в ППУ-изоляции.

Однако сдерживающими факторами широкого применения новой конструкции теплосетей в строительстве являются:

- недофинансирование и, как следствие, традиционная канальная прокладка теплосетей, неритмичная загрузка предприятия-производителя, приводящая к удорожанию продукции. Учитывая стратегическое значение поддержания сетей централизованного теплоснабжения в работоспособном состоянии, не-

обходимо выработать механизм дополнительного финансирования из государственных и внебюджетных источников программ реконструкции, нового строительства и замены тепловых сетей путем льготного кредитования с использованием для этих целей средств стабилизационного фонда, применять налоговое стимулирование при реконструкции и строительстве тепловых сетей, создать государственную программу «Тепловые сети России»;

- негативное отношение некоторых строительномонтажных организаций к бесканальной прокладке теплосетей из-за понижения стоимости объекта на 15–20%, комплектации объекта элементами полной заводской готовности, отсутствия опыта строительства теплосетей с ППУ-изоляцией и как результат снижение качества монтажа, дополнительные ремонтные работы и увеличение сроков и стоимости объекта;
- отсутствие обязательного лицензирования проектных работ для новых теплосетей с ППУ-изоляцией и ответственности за дефекты проектной документации;
- отсутствие надзора за соблюдением требований к производителям продукции.

Массовому применению трубопроводов тепловых сетей с ППУ-изоляцией во многом способствовало создание Ассоциации производителей и потребителей трубопроводов с индустриальной полимерной изоляцией, объединяющей в своем составе производителей (более 30 предприятий), строительные организации (более 20), поставщиков сырья, оборудования и крупнейшие научно-исследовательские и проектные организации.

Объединение усилий позволило осуществить прорыв в деле строительства теплотрасс, увеличить их надежность и долговечность, резко сократить потери тепла.

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ®**



## Керамики всего мира встречаются в Мюнхене на выставке CERAMITEC!

Теперь такая возможность есть и у российских специалистов. Фирма «Экспо-групп» и научно-технический журнал «Строительные материалы»® организуют деловую поездку руководителей предприятий и специалистов керамической промышленности на международную промышленную выставку-ярмарку машин, оборудования, установок, технологий и сырьевых материалов для керамики

# ceramitec 2006

15-20 мая 2006 г.

Мюнхен (Германия)



На все вопросы об участии в деловой поездке Вам ответят специалисты фирмы «Экспо-групп»  
Телефон/факс: (495) **945-50-92, 945-50-84, 945-50-24** E-mail: [expo-group3@mcsp.ru](mailto:expo-group3@mcsp.ru)  
Контактное лицо: **Журова Марина Петровна**

В.Ю. ЧУХЛАНОВ, д-р техн. наук, А.В. СИНЯВИН, инженер,  
Владимирский государственный университет

## Модифицированные теплоизоляционные материалы на основе пенополиуретана

В связи с удорожанием энергоносителей в строительном производстве все большую роль играет эффективная теплоизоляция. Важной целью теплоизоляции строительных конструкций является не только сокращение расхода энергии на отопление здания, но и снижение потерь тепла в промышленных агрегатах и теплотрассах. В настоящее время значительное распространение в строительной отрасли получили теплоизоляционные материалы на основе вспененных полиуретанов – пенополиуретаны (ППУ).

Применение полиуретановых теплоизоляционных материалов позволяет повысить степень индустриализации работ, уменьшить потребность в других строительных материалах, снизить массу конструкций. У существующих материалов на основе пенополиуретанов хорошие теплоизоляционные свойства, простая технология получения и относительно невысокая стоимость. К их недостаткам относятся: малая устойчивость к воздействию внешних факторов – температуры, влаги и ультрафиолетового излучения.

Цель работы – повышение эксплуатационных характеристик полиуретановой теплоизоляции путем введения в композицию модифицирующих добавок на основе реакционноспособных полиорганосилоксанов. В качестве объекта исследования использовали промышленную композицию для получения пенополиуретановой теплоизоляции, включающую: компонент А на основе Лапрола-373, компонент Б – полиизоцианат марки ПМ-200.

В качестве модифицирующей добавки использовали промышленно выпускаемую полиметилфенилсилоксановую смолу (ПМФС) с реакционноспособными гидроксильными группами. ПМФС была выбрана в связи с тем, что она является наиболее распространенным кремний-

органическим продуктом и имеет ряд ценных свойств, в первую очередь высокую теплостойкость, морозостойкость и влагостойкость, малые изменения физических характеристик в широком диапазоне температур.

На первом этапе были проведены исследования по изучению влияния полиметилфенилсилоксана (ПМФС) на характеристики получаемых пенопластов, тесно взаимосвязанные с теплофизическими характеристиками теплоизоляции. Как показали исследования, введение ПМФС приводит к частичному снижению размера ячеек. Это вызвано, по-видимому, тем, что распределенные в компоненте А микрочастицы ПМФС являются нуклеофильными агентами, благоприятно влияющими на морфологическую структуру пенопласта. Однако содержание ПМФС выше 2,5 мас. ч. существенным образом на размер ячеек не влияет.

Исследования по изучению кажущейся плотности жесткого пенополиуретана, модифицированного ПМФС, показали, что в данном диапазоне исследований вводимый модификатор влияет на плотность получаемых пеноматериалов незначительно. Полученные значения находятся в пределах ошибки эксперимента.

Одним из важных показателей теплоизоляционного материала, эксплуатирующегося в неблагоприятных условиях, является его водопоглощение. Исследования показали, что введение ПМФС вне зависимости от соотношения исходных компонентов приводит к снижению водопоглощения (рис. 1). Это связано с тем, что большинство кремнийорганических соединений обладает сильными гидрофобными свойствами. За счет того, что при взаимодействии находящихся в его составе реакционноспособных групп (гидроксильные группы) образуются соединения, придающие материалу гидрофобные свойства. Причем после введения 2,5–5 мас. ч. модифи-

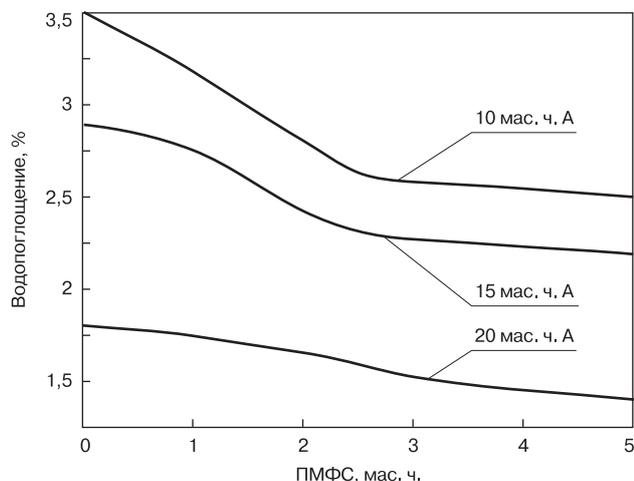


Рис. 1. Влияние модифицирующей добавки на водопоглощение пенополиуретана



Рис. 2. Скорлупа для трубопроводов, выполненная из пенополиуретана, модифицированного полиметилфенилсилоксановой смолой

Показатели	Значения	
	Немодифицированный	Модифицированный
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	220–250	200–230
Ударная прочность, кДж/м <sup>2</sup>	1–1,2	1,3–1,5
Водопоглощение, %	4,8	2,2
Теплостойкость, °С	140–160	180–200
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,032–0,039	0,028–0,035
Предел прочности при отрыве, МПа	1,5	0,55

катора в композиции существенных изменений в уровне водопоглощения не наблюдается.

Одним из основных показателей теплоизоляционных материалов является их теплостойкость. В соответствии с ГОСТ 16781–71 теплостойкость определяли путем установления температуры, при которой в процессе нагрева начинается изменение размеров образцов. Результаты исследований показали, что введение кремнийорганического модификатора в количестве 2,5–5 мас. ч. приводит к возрастанию теплостойкости материала. Теплостойкость модифицированных образцов повышается в среднем на 30–40°С. Одновременно начинают снижаться процессы деструкции. Так, потери массы модифицированного ППУ при температуре деструкции снижаются в 1,5–2,5 раза по сравнению с немодифицированным. Основные показатели разработанного материала приведены в таблице.

Значительный рост применения синтетических ячеистых материалов на основе различных полимеров делает особо значимой проблему стабильности их эксплуатационных свойств при старении. При этом важно изучить изменения свойств материала во времени в зависимости от условий их длительной эксплуатации и хранения. Результаты таких исследований, объясняющие поведение пенопласта во времени, дадут возможность конструктору или потребителю правильно выбирать материалы. Для климатических испытаний в средней полосе России использовали метод определения атмосферостойкости, сущность которого заключается в определении изменения эксплуатационных характеристик пенопластов под воздействием естественных факторов при испытаниях на открытых стендах у поверхности земли. В результате испытаний было выявлено, что модифицированные образцы в среднем на 25–30% имеют более высокую стойкость к воздействию ультрафиолетовых лучей, а также к сезонным перепадам температур по сравнению с немодифицированными материалами.

Пенополиуретаны широко применяют как в строительстве, так и для изготовления предметов бытового назначения, поэтому большое значение имеет огнестойкость изделий. В ходе работы были проведены исследования влияния ПМФС на горючесть пенопласта. Горючесть материала определяли по времени горения и потере массы образцов. Результаты испытаний показали, что все модифицированные образцы склонны к самозатуханию. Время горения модифицированных образцов не превышает 27 с. Таким образом, повышение содержания ПМФС в композиции приводит к улучшению огнестойкости пенопласта, причем лучшие результаты достигаются при содержании компонента А в количестве 10 мас. ч. Проведенные испытания на горючесть показали, что введение кремнийорганического соединения способствует снижению потери массы образца пенопласта. У модифицированных образцов в процессе горения на поверхности наблюдается появление карбонизованного слоя, препятствующего дальнейшему распространению пламени.

Опытные работы по получению изделия скорлупа для трубопроводов (рис. 2) выявили высокую технологичность разработанной композиции. Проведенные исследования показывают реальную возможность использования разработанных модифицированных пенополиуретанов для теплоизоляции промышленных и гражданских объектов.

#### Список литературы

1. Саундерс Дж., Фриш К. Химия полиуретанов (пер. с английского). М.: Химия. 1968. 470 с.
2. Берлин А.А., Шутов Ф.А. Пенополимеры на основе реакционноспособных олигомеров. М.: Химия. 1978. 296 с.
3. Чухланов В.Ю., Синявин А.В., Алексеенко А.Н. Акриловые связующие для ремонтных составов, модифицированные полифенилсилоксановой смолой // Строительные материалы. №7. 2003. С. 44–45.



## Отечественное оборудование низкого давления для заливки пенополиуретана

Пенополиуретан (ППУ) в силу своей технологичности во всем мире признан полимером номер один, так как сферы его применения разнообразны.

Если ингредиенты (изоцианат и полиол) смешивать воздухом, то образуется мелкодисперсная аэрозоль, которая наносится на поверхность. Этот процесс называется напылением пенополиуретана.

При смешивании ингредиентов без доступа воздуха образуется монолитная, ровная струя, которую можно впрыснуть в ограниченную полость. Этот процесс называется заливкой ППУ и в том или ином виде используется во многих отраслях промышленности. ППУ применяют в автомобиле- и самолетостроении; при производстве мебели; в пищевой индустрии; в трубопроводах; при упаковке; производстве обуви и спортивного инвентаря, а также при решении многочисленных специфических и узкофункциональных задач.

Долгие годы рынок ППУ в нашей стране находился в застое, так как в России в основном была представлена лишь технология напыления ППУ, относящаяся в большинстве своем к строительной индустрии.

Отставание от Запада в производстве ППУ методом заливки во многом объяснялось тем, что оборудование для этих целей значительно сложнее и дороже, чем для напыления. Даже во времена СССР отечественная промышленность не производила машин для заливки ППУ.

К началу XXI века в России 95% оборудования для напыления ППУ составляют отечественные машины, более половины из которых установки низкого давления под торговой маркой «ПЕНА™-98».

В то же время до 95% всех специализированных заливочных машин низкого давления в нашей стране импортные. Стоимость таких машин от 30000 евро, что заметно ограничивает их широкое распространение.

В России на начало XXI века сложилась ситуация, когда предприятия, использующие технологию заливки ППУ, можно четко поделить на две группы.

Во-первых, это относительно небольшое (в масштабах всей страны) количество фирм, владеющих

специализированными, дорогостоящими заливочными комплексами. Такие фирмы обеспечивают до 90% всей продукции на рынке России.

Во-вторых, огромное количество фирм, производящих изделия методом ручной заливки «в ведре». Но для такого способа характерны ограниченная номенклатура изделий, низкая производительность труда, значительные потери сырья и посредственное качество продукции. Деятельность таких хозяйствующих субъектов по большей части направлена на удовлетворение собственных потребностей. Им сложно, а подчас и невозможно конкурировать с продукцией фирм, эксплуатирующих профессиональное заливочное оборудование.

Для большинства специалистов в данной отрасли было очевидно, что на начало XXI века в России сформировалась потребность в недорогом, надежном и простом оборудовании для заливки пенополиуретана.

Осенью 2003 года отечественная фирма «Новые Строительные Технологии», лидирующая на рынке оборудования для напыления ППУ, предложила потребителям свою первую разработку в области заливки — переносной смеситель ЗГ-006, который предназначался для подключения к насосной станции «ПЕНА™-98 П20УМ» производительностью от 1 до 6 л/мин.

Таким образом, пользователи установок типа «ПЕНА™-98» полу-

чили возможность не только напылять ППУ на стройплощадке, но и заливать, в частности, скорлупы малых диаметров, небольшие панели, элементы декора, мебели. Но при этом имело место ограничение, связанное с производительностью насосной станции: масса готового изделия не более 2,4 кг.

Поэтому осенью 2005 года появилась новая разработка фирмы «Н.С.Т.» — стационарная заливочная машина «ПЕНА™-98 П75УМ» производительностью от 8 до 24 л/мин, оснащенная новым смесителем ЗГ-016 (рис. 1). Эта модель предназначена для производства плит, в том числе крупногабаритных, сэндвич-панелей, теплоизоляционных скорлуп любых диаметров, предизолированных труб малых диаметров. Ограничение по массе конечной продукции — 9,6 кг.

Наиболее распространенной продукцией (рис. 2), полученной методом заливки ППУ, являются теплоизоляционные цилиндры — скорлупы, используемые в качестве теплоизоляции участков труб при надземной и канальной прокладке трубопроводов.

Другой вид популярной продукции — лепнина из вспененного пенополиуретана для мебельной промышленности и украшения помещений. Это различные декоративные элементы: карнизы с орнаментом и рисунком, молдинги, угловые элемен-



Рис. 1. Установка для заливки пенополиуретана в форму



Рис. 2. Формы для получения ППУ-изделий методом заливки

ты, пиллястры, потолочные розетки и полууклоны.

Технологический процесс производства ППУ-изделий состоит из ряда операций.

ЗГ-016 устанавливается над первой формой. Из смесителя в форму ровной струей подается необходимая доза компонентов «А» и «Б». При завершении впрыска композиции в форму двигатель насосной станции выключается, форма закрывается, а ЗГ перемещается по окружности таким образом, чтобы оказаться над следующей формой (если смонтирован конвейер карусельного типа, то осуществляется поворот стола и под ЗГ помещается новая форма).

Время подвода ЗГ к следующей форме ограничено и находится в прямой зависимости от времени старта. Затем вновь включается двигатель насосной станции, из смесителя в форму ровной струей подается смесь компонентов «А» и «Б».

После заполнения последней из подготовленных форм выключается двигатель насосной станции, смеситель удаляется в зону промывки.

Выдержка форм осуществляется исходя из массы изделия и марки используемого сырья. В среднем вскрытие опалубки осуществляется не ранее чем через 15 минут после закрытия.

Затем производится выемка изделия, очистка облоя, очистка (при не-

обходимости) формы, смазка формы для повторного использования.

С 2003 г. рынок ППУ в России на заметном подъеме: на сегодняшний день потребление пенополиуретана превысило рубежное значение в 1 кг/год на душу населения.

На данный момент в стране сложилась стабильная сеть заводов – изготовителей сырья, имеется профессиональное и качественное оборудование. В совокупности с оживлением промышленного производства и увеличением темпов строительства созданы реальные предпосылки для роста потребления пенополиуретанов в нашей стране.

## НПФ «Н.С.Т.»

## разрабатывает и серийно производит оборудование:

- ◆ для напыления и заливки ПЕНОПОЛИУРЕТАНА
- ◆ для напыления бесшовного полимерно-битумного гидроизоляционного покрытия ТЕХНОПРОК™
- ◆ для заливки пенопласта ПЕНОИЗОЛ™
- ◆ для заливки ПЕНОБЕТОНА
- ◆ для изготовления тонкостенных архитектурных форм повышенной прочности из СТЕКЛОФИБРОБЕТОНА
- ◆ пневматические ВИБРАТОРЫ: удобные и вечные

Тел./факс: +7 (495) 730-01-47, 158-08-57  
e-mail: [nst@sokol.ru](mailto:nst@sokol.ru)

<http://www.poliuretan.ru>  
<http://www.penoisol.ru>

**22-24 марта 2006 года**

[www.ycfexpo.yaroslavl.ru](http://www.ycfexpo.yaroslavl.ru)

**ЯРОСЛАВСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ**

2-я Специализированная выставка  
«Синтэс-экспо: Строительство. Новые технологии. Энергоэффективность»

Конференция:  
«Малозэтажное строительство: основные тенденции и пути развития»

(0852) 733-181, 951-980

организаторы

Стойка ГРУППА ГАЗЕТ

I-STROY.RU информационная поддержка

ИНФОКОМ

«СИНТЭС»

КРОВЕЛЬНЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

КРОВЛИ ЭВОЛЮЦИЯ

## Рынок битумных и битумно-полимерных материалов: итоги и перспективы

С целью исследования ситуации на рынке рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов научно-техническим центром было разработано несколько видов анкет, в том числе типовая анкета предприятия – производителя кровельных материалов, заводов стекловолокна и т. д. В статье представлены некоторые основные выводы и результаты работы.

В 2004 г. в России действовало 67, а в 2005 г. – 69 предприятий промышленности кровельных и гидроизоляционных материалов. По данным на 01.01.2005 г., на предприятиях подотрасли имелось 117 технологических линий, включая агрегаты по производству пергамина, упаковочной бумаги БУ-Б и гидроизола. Установленная мощность всех линий составила более 1300 млн м<sup>2</sup>/год рулонных битуминозных материалов, в том числе по рубероиду и пергамину более 810 млн м<sup>2</sup>, по наплавляемым материалам почти 500 млн м<sup>2</sup>.

Средний по отрасли коэффициент использования мощностей составил в 2004 г. 31%, снизившись фактически до уровня 1997 г. – первого послекризисного года в кровельной подотрасли России (рис. 1), причем у 40% предприятий коэффициент использования имеющихся мощностей не превысил 20%. Наибольшее значение коэффициента достигнуто у ЗАО «Оргкровля» (Рязань – более 96% мощности) и у некоторых заводов компании «ТехноНИКОЛЬ» (до 75%), а также у ЗАО «Мягкая кровля» (Самара) и у завода «Изофлекс».

В настоящее время в подотрасли действует 11 линий зарубежного производства, в том числе линии «Boato», «Rieseg» и «Rummet» (Германия).

В литературе выделяют четыре основных поколения (типа) рулонных битуминозных кровельных материалов: **первое** – битумные (битумно-минеральные) материалы ненаплавляемого типа на картонной основе, укладываемые в кровлю с помощью мастик, – материалы типа рубероида; **второе** – битумно-минеральные наплавляемые материалы на картонной основе, укладываемые в кровлю без применения мастик (мастика нанесена на нижний, наплавляемый слой материала в заводских условиях; материалы типа наплавляемого рубероида –

Рубемаста); **третье** – битумно-минеральные наплавляемые материалы на негниющих основах (типа Гидростеклоизола); **четвертое** – битумно-полимерные наплавляемые материалы на негниющих основах – так называемые мембраны.

В отрасли выпускаются материалы под 96 торговыми марками, причем на долю материалов I поколения приходится 3% наименований, II – 2%, III – 41%, IV – 47%, материалов специального назначения – 7% наименований. Материалы выпускаются 137 модификаций по 78 ГОСТ и ТУ. Общее количество выпускаемых марок материалов свыше 360.

Рубероид и пергамин производят 14 предприятий (21% от общего числа заводов), Рубемаст и аналогичные ему материалы II поколения – 10 (15%), материалы IV поколения (в 2004 г.) – 25 заводов (37%); о возможности производить битумно-полимерные материалы заявляют 33 завода (67%).

Наибольшее количество наименований и модификаций материалов производят предприятия компании «ТехноНИКОЛЬ», а также ЗАО «Рязанский КРЗ», ЗАО «Полимеркровля» и ОАО «Омсккровля».

В 2004 г. доля материалов IV поколения по сравнению с 2003 г. возросла и составила 15,7% (рис. 2). Доля рубероида после быстрого снижения в 1997–2001 гг. стабилизировалась на уровне 55% (рис. 3). Учитывая применяемую в новом строительстве и при ремонте слойность водоизоляционных ковров из материалов разных типов, можно заключить, что рубероид продолжает оставаться в России основным кровельным материалом: с его использованием в 2004 г. было выполнено более 45% кровель.

В 2004 г. после длительного устойчивого роста впервые снизился выпуск материалов III поколения – типа Гидростеклоизола, причем не только в относительном, но и в абсолютном выражении. Этот факт объясняется достаточно просто: из-за низкой покупательной способности в большинстве регионов страны материалы III и IV поколений занимают фактически один рыночный сегмент – «дорогих» материалов, и внутри этого сегмента в 2004 г. произошло замещение битумных материалов битумно-полимерными.

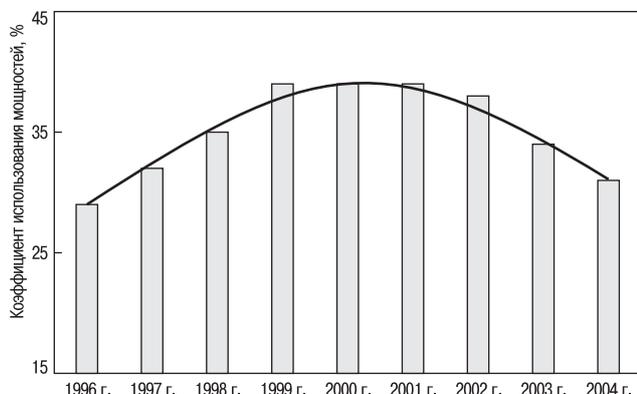


Рис. 1. Изменение коэффициента использования мощностей в российской промышленности кровельных и гидроизоляционных материалов (по данным Госкомстата РФ, Росстат, собственным данным НТЦ «Гидрол-Кровля»)

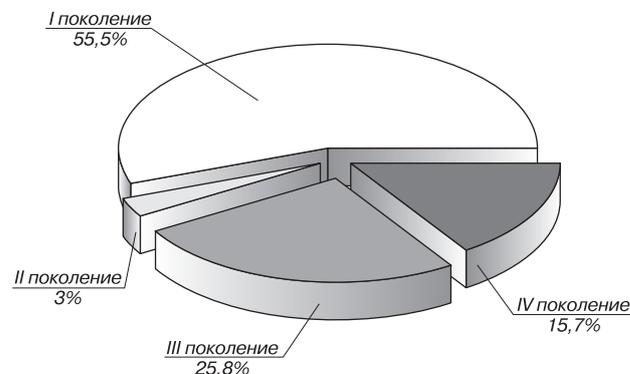


Рис. 2. Доли материалов различных типов, произведенных в 2004 г. в % от объема производства в натуральном выражении

Регион	Ремонт жилого фонда	Ремонт административных и общественных зданий	Новое жилищное строительство	Ремонт зданий производственного назначения	Новое производственное строительство	Всего
Российская Федерация	172	34	32	232	12	492
Центральный ФО	39	11	10	61	4	127
Северо-Западный ФО	18	5	2	24	1	50
Южный ФО	23	3	5	29	2	62
Приволжский ФО	33	4	7	50	2	97
Уральский ФО	33	6	4	23	1	67
Сибирский ФО	26	4	3	35	1	67
Дальневосточный ФО	7	1	1	12	менее 1	22

Публикуемая информация официальных органов (Рострой, Росстат) недостаточно полна и содержит большое количество ошибок и неточностей. Результаты маркетинговых исследований, весьма немногочисленных, зачастую противоречат друг другу. Поэтому оценка емкости и потенциала рынка представляет собой непростую задачу, поскольку у большинства операторов рынка сведения об объемах и географии поставок представляют коммерческую тайну. Тем не менее на основе данных об объемах производства/поставок, предоставленных рядом фирм, в том числе при проведении опроса, а также экспертных оценок, сведений, опубликованных в печати, официальных данных, например Росстата, была проведена оценка всероссийского и региональных рынков по состоянию на конец 2004 г.

Расчет произведен отдельно по каждому из 89 регионов России. Данные о потребности в рулонных битуминозных материалах в различных сегментах строительства в федеральных округах России (млн м<sup>2</sup>) приведены в таблице.

Крупнейшими потребителями рулонных материалов являются Центральный, Приволжский и Уральский округа. Однако в расчете на душу населения основным потребителем является Уральский округ, на одного жителя которого приходится 6 м<sup>2</sup> материала в год, в то время как в остальных округах эта величина близка к средней по стране – 3,4 м<sup>2</sup>. Для сравнения, в Москве уровень потребления составляет 3,6 м<sup>2</sup>, а для Санкт-Петербурга – 3,3 м<sup>2</sup> на человека в год.

Согласно полученным результатам, крупнейшими рынками являются Москва и Московская область (суммарная емкость рынка – 62–63 млн м<sup>2</sup>/год), Санкт-Петербург и Ленинградская область (более 21 млн м<sup>2</sup>), а также регионы Большого Урала: Свердловская область (до 23 млн м<sup>2</sup>), Башкортостан, Тюменская и Челябинская области – по 15–16 млн м<sup>2</sup>.

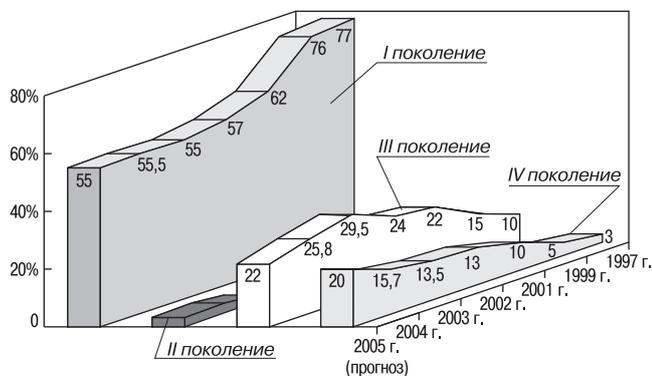


Рис. 3. Динамика изменения объемов выпуска материалов I–IV поколений

Московский рынок кровельных и гидроизоляционных материалов (вместе с Московской областью) является крупнейшим в стране. В Московской экономическом районе действует 25 предприятий подотрасли с суммарным объемом производства в 2004 г. 215 млн м<sup>2</sup>, в том числе в Москве – 6 предприятий (объем производства в 2004 г. – около 11,5 млн м<sup>2</sup>), в Московской области – не менее 7 предприятий (более 28 млн м<sup>2</sup>). Кроме указанных предприятий еще не менее девяти заводов, расположенных в Ленинградской, Костромской, Саратовской, Самарской областях, Республике Башкортостан и других регионах, отгружают продукцию на московский рынок. Таким образом, на рынке Москвы и Московской области представлены 34 завода, выпускающих рулонные битуминозные материалы.

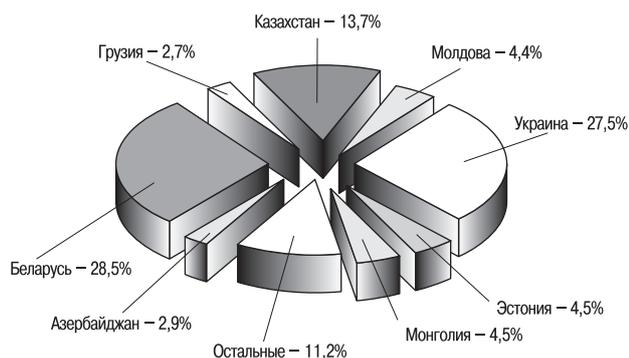
Крупнейшим поставщиком наплавленных материалов на московский рынок является компания «ТехноНИКОЛЬ», рубероида – Нижегородский КРЗ (компания «ТехноНИКОЛЬ») и ЗАО «Рязанский КРЗ», а также ЗАО «Полимеркровля», ЗАО «Кровля» (Владимирская область), ЗАО «Мягкая кровля» (Самара).

Как следует из результатов опросов представителей строительных организаций Москвы и Московской области, в 2004 г. строительные компании стали несколько меньше уделять внимания качеству самого материала, в первую очередь его долговечности. В то же время гораздо более весомыми стали факторы цены и соотношения цена – качество. Большинство респондентов (до 75%) при выборе материала не придают особого значения репутации производителя или поставщика.

Почти половина предприятий кровельной промышленности отказалась от практики сбыта продукции непосредственно самим предприятием. Согласно данным



Рис. 4. Распределение ответов респондентов на вопрос: какими критериями вы руководствуетесь в первую очередь, устанавливая цены на вашу продукцию?



**Рис. 5.** Направления экспорта кровельных и гидроизоляционных материалов из России в 2004 г. в % от объема экспорта в натуральном выражении, по данным ГТК РФ

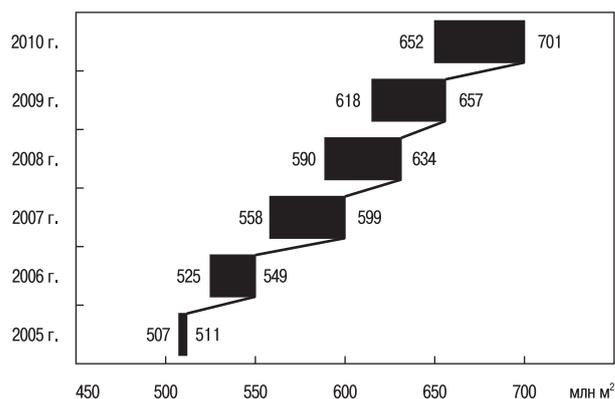
анкетирования, 20% заводов реализуют продукцию только через собственные торговые дома, еще 27% осуществляют сбыт как через торговые дома, так и самостоятельно. В то же время 70% картонно-рубероидных заводов, не входящих в компанию «ТехноНИКОЛЬ», не имеют торговых домов.

Представительства в других городах (регионах) имеют 60% предприятий, принявших участие в анкетировании. Средняя по подотрасли доля продукции, реализуемая через представительства, составляет 12%. В среднем каждое предприятие, организующее представительства, создает их в 6 городах. Дилерско-дистрибьюторские сети создали 85% заводов. Среднее количество составило в 2003 г. четыре, а в 2004 г. — шесть дилеров на одно производственное предприятие. Некоторые заводы имели в 2004 г. по 8–12 дилеров, например ЗАО «Рязанский КРЗ», и даже по 20–30 дилеров (группа «Ай-Си-Ти»). Средняя доля продукции, реализуемая дилерами, в 2003 г. составила 16%, в 2004 г. — 20% продукции. Таким образом, через торговые представительства и дилеров в 2003 г. была реализована четвертая, а в 2004 г. — третья часть всех выпускаемых кровельных материалов.

По результатам опроса предприятий подотрасли выявлено, что основным фактором, влияющим на установление уровня цен производителями, является изменение цен у основных конкурентов, что является свидетельством окончания формирования целостного общероссийского и большинства региональных рынков. Следующими по значимости факторами являются (рис. 4) необходимость возмещения затрат при повышении цен на сырье, энергоносители и т. п., а также данные маркетинговых исследований об изменениях конъюнктуры рынков (по 50% от числа респондентов). Если важность первого фактора для всех без исключения производителей не подлежит сомнению, поскольку речь идет о поддержании уровня доходности, то столь высокая доля заводов, проводящих маркетинговые исследования и обращающих внимание на их результаты, кажется весьма неожиданной. Этот факт, с одной стороны, представляется весьма отчаянным, но с другой — вызывает некоторое недоверие. Хотя необходимо отметить, что, во-первых, ни один респондент не поставил этот фактор на первое место (чаще — на третье по значимости), и, во-вторых, 70% из опрошенных, указавших на этот фактор, — это крупные предприятия, содержащие маркетинговые службы.

Экспорт рулонных битуминозных материалов в 2003 г. осуществлялся в 12, а в 2004 г. — в 20 стран. Официальный объем экспорта вырос по сравнению с 2003 г. в 2,1 раза и составил 45,1 млн м<sup>2</sup>. Крупнейшим экспортером является компания «ТехноНИКОЛЬ» (рис. 5).

Проведена оценка потребности в кровельных материалах на 2006–2010 гг. по инерционному, пессимистическому



**Рис. 6.** Потребность в рулонных битуминозных материалах для нового строительства и ремонта в 2005–2010 гг. при инерционном (цифры слева) и оптимистическом (цифры справа) сценариях развития строительства

и оптимистическому вариантам с учетом характера и темпов изменений в ассортименте выпускаемых материалов (рис. 6). Как следует из рисунка, к 2010 г. объем потребления битуминозных материалов должен возрасти на 30–40% по сравнению с 2004 г. (темпы роста производства — 5–7% в год). При пессимистическом сценарии темпы роста составят 1,5–2% в год.

На основании результатов проведенного анализа можно предположить, что в 2005–2010 гг. конкуренция на рынке кровельных материалов усилится, причем тем сильнее, чем более жесткий сценарий развития рынка будет реализовываться. При любом развитии событий следует ожидать усиления рыночной доли компании «ТехноНИКОЛЬ» в сегментах битумно-полимерных и специализированных материалов. Можно с уверенностью предположить, что в сегменте битумно-полимерных материалов, особенно с высоким содержанием полимера, в ближайшие годы останется несколько предприятий («ТехноНИКОЛЬ», заводы «Изофлекс» и «Филикровля», строящийся вблизи Москвы завод компании «Икопал» — первое в России предприятие, принадлежащее крупной иностранной компании).

Положение дел у картонно-рубероидных заводов, не входящих в группу «ТехноНИКОЛЬ», после относительно неудачного сезона 2004 г., вызванного помимо прочего началом производства рубероида на Нижегородском КРЗ, в 2005–2006 гг. стабилизируется.

При реализации пессимистического или базового сценариев в наиболее тяжелую ситуацию попадут региональные предприятия, расположенные в депрессивных регионах и работающие на ограниченных рынках. Учитывая «давление» лидеров подотрасли, можно предположить, что именно такие заводы будут в первую очередь вытеснены с региональных рынков и превратятся, по сути, в «местные» предприятия. При сохранении высоких мировых цен на нефть и сохранении инвестиционного климата в России предполагается устойчивое, относительно плавное развитие рынка отечественных материалов и его постепенная модернизация в сторону повышения долговечности и качества продукции.

Автор выражает благодарность О.В. Борониной, В.Д. Могилевскому (НТЦ «Гидрол-Кровля»), Ю.П. Гаврикову (ЗАО «Оргкровля», Рязань), И.Н. Товкесу (завод «Изофлекс», г. Кириши), Н.А. Косилову и С.Ю. Купаве (группа «Ай-Си-Ти», Москва), И.Г. Пономареву (ЗАО ИКФ «Иткор», Москва), Л.И. Куприянову (ТПП РФ, Москва), А.В. Копылову (ОАО «Воронежсинтезкаучук»), А.В. Кострову (Союз производителей стекловолокна), а также всем руководителям и сотрудникам российских предприятий, принявших участие в опросе.

## Российская неделя сухих строительных смесей – 2005: новые темы в обсуждении профессионалов

# MixBUILD

# EXPO Mix 2005

# ТехноСтрой

22–24 ноября 2005 г. АНТЦ «АЛИТ» при поддержке Федерального агентства по строительству и ЖКХ, правительства Москвы и правительства Московской области провел в Москве Российскую неделю сухих строительных смесей.

Российская неделя сухих строительных смесей объединила комплекс мероприятий, тематика которых напрямую связана с производством и применением ССС. Это ставшие уже традиционными Седьмая Международная научно-техническая конференция «Современные технологии сухих смесей в строительстве MixBUILD» и шестая специализированная выставка «Сухие смеси. Бетоны. Растворы», а также проходившие второй раз Московский фестиваль строительных технологий «ТехноСтрой», специализированные выставки «Всероссийская ежегодная цементная биржа РосЦем», «Модернизация цементной промышленности России и стран СНГ ExpoСет» и научные чтения по цементу «Энергосберегающие технологии при производстве цемента». Впервые в рамки выставочной программы была включена тематика «Бетонные заводы, оборудование, опалубка». В выставках приняли участие фирмы из России, СНГ (79%), стран Западной Европы и Азии (21%).

Участников выставки EXPO Mix-2005 можно было разделить на несколько групп по виду представленной продукции: производители и поставщики оборудования (Lödige Maschinenbau GmbH, m-tec GmbH, Maschinenfabrik Gustav Eirich, НПП «Метра», «Вселуг», группа компаний «АМОТ», «Консит-А», «Строммашкомплект» и др.); производители сухих смесей и других строительных материалов (Lafarge Aluminates, Raute Precision Oy, «АЛИТ», «Аракчинский гипс», «Диатомовый комбинат», «Кнауф-Маркетинг Красногорск», «Коелгамрамор», «Себряковцемент», «Цеминвест», «Шомбург-ЕР Лтд.» и др.); производители и поставщики добавок (Akzo Nobel, Dairen Chemical Corporation,

Elkem AS Materials, Elotex AG, Se Tylose GmbH & Co. KG, «Арома Лайм», «Велкомс+Хеми», «ЕвроХим-1», «ЕТС», «Микроальцит», «Ниско Констракшн», «Новокоалиновый комбинат», «Родиа Рус» и др.).

По сравнению с 2004 г. выставочная площадь увеличилась на 30%, а общее количество экспонентов выросло на 65%. Мероприятие посетили более 5 000 российских и зарубежных специалистов.

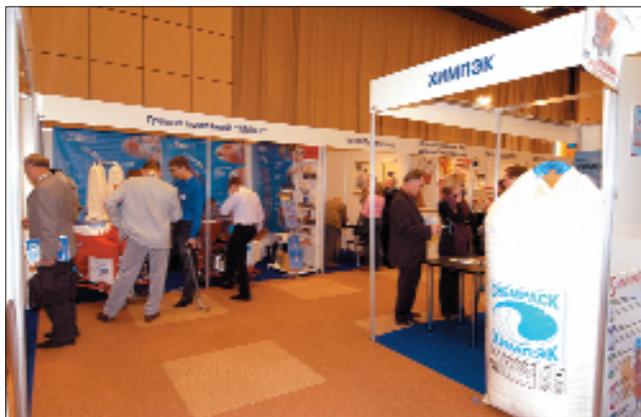
В работе 7-й Международной научно-технической конференции «Современные технологии сухих смесей в строительстве MixBUILD-2005» приняло участие около 250 специалистов отрасли, в том числе 120 представителей российских и зарубежных компаний – производителей строительных смесей и добавок. Было заслушано 24 научных доклада, обзорные и аналитические выступления по основным вопросам производства и применения сухих строительных смесей, состоялись общественные слушания, где было вынесено решение о создании Общественного совета по разработке национальных стандартов по сухим строительным смесям.

В докладе С.А. Дергунова (Оренбургский государственный университет) рассмотрены основные этапы подбора составов местных СС, которые особенно необходимы на этапе организации производства и учитывают социально-экономическое, географическое и техническое развитие предполагаемого региона строительства.

Идея гидрофобизации сухих сыпучих материалов модифицирующими добавками, выделяемыми из торфа, разрабатывается группой специалистов Тверского государственного технического университета (ТГТУ) и ООО «Стройстрим» (Москва). В докладе О.С. Мисникова (ТГТУ) рассмотрена природа образования гидрофобных



«Диатомовый комбинат» (Ульяновск) представил специалистам пористый наполнитель – обожженную диатомитовую крошку и термомодифицированный диатомитовый порошок, состоящий в основном из SiO<sub>2</sub>



Развитие ССС привело на выставку производителей мягких контейнеров типа биг бэг



На стендах специалисты могли ознакомиться не только с различными видами оборудования для производства ССС и других строительных материалов, ведения строительных работ, но и с группой журналов «Строительные материалы»

пленок на минеральных частицах цемента и представлены результаты предварительной оценки влияния органических добавок на конечную прочность материалов.

Об особенностях использования различных модифицирующих добавок на свойства специализированных смесей различного назначения докладывали представители компаний Terg Ce Distribution GmbH, AVEBE, Elotex AG, «ЕвроХим-1» и др.

В программе работы 2-го Московского фестиваля строительных технологий «Утепление и ремонт зданий и сооружений» было уделено большое внимание не только теоретическим основам утепления зданий и сооружений, но и проведен натурный показ устройства навесных и скрепленных систем теплоизоляции на примере систем «Кнауф теплая стена», «Серпарок», а также технологии ремонта зданий и сооружений с применением тиксотропных и самоуплотняемых ремонтных смесей «АЛИТ» и др.

Научные чтения по цементу «Энергосберегающие технологии при производстве цемента» собрали практически всех ведущих специалистов в этой области не только из России, но и стран СНГ. Наиболее употребляемый и надежный вяжущий строительный материал портландцемент остается жизненно необходимым в настоящее время и на длительный период в будущем. Он является главным компонентом цементных бетонов и абсолютно незаменим в строительстве. Поэтому производство цемента в мире постоянно растет. Портландцемент также широко используется в сухих строительных смесях.

Анализ выступлений позволяет отметить, что в современной промышленности главными являются основные стадии получения клинкера, такие как сырьевые материалы, их добыча и подготовка для обжига во вращающихся печах, разновидности топлива, особенности высоко-

температурных процессов в печах, а также конечный продукт — фазовый состав клинкеров. Именно количественное соотношение фаз в клинкере, их качество и определяет в конечном итоге свойства цементов.

Участники форума получили исчерпывающую информацию о состоянии цементной промышленности в мире из доклада В.В. Бушихина (НИЦ «Гипроцемент-Наука», Санкт-Петербург). Известно, что крупнейшим производителем цемента является Китай. Потребление цемента в 2004 г. достигло 963 млн т. Нет сомнения, что в ближайшее время эта цифра достигнет 1 млрд т. В докладе представлены данные о других странах (Индии, США, Германии, Японии, Франции, Италии и др.). Принципиальным этапом развития процесса обжига клинкера является практически полный отказ от мокрого способа: создание печных агрегатов с запечной теплообменной системой, последующее совершенствование их с включением в систему обжига декарбонизаторов. В докладе приведены также данные об утилизации различных отходов во вращающихся печах.

Известно, что цементные заводы России работают по мокрому способу. Сообщение М.И. Коробкова («Себряковцемент») касалось опыта эксплуатации печи полусухого способа производства. В сложившейся ситуации конкурентоспособность печей мокрого способа производства резко падает по сравнению с печами комбинированного и сухого способов производства. Одним из направлений реконструкции печей мокрого способа производства с целью снижения энергозатрат на обжиг является применение комбинированного способа, при котором шлам готовится по мокрому способу, а затем обезвоживается с использованием фильтр-прессов. Полусухой способ является промежуточным этапом при переходе к сухому способу и не может рассматриваться как альтернатива сухому.

Л.Н. Туровский (НИИСМ, Республика Беларусь) сделал обзор сухого способа производства цемента в Республике Беларусь, в котором рассмотрен опыт эксплуатации технологической линии сухого способа и перспективы его развития.

Основные технические показатели работы печей сухого и мокрого способов в России и странах СНГ охарактеризовал В.И. Шубин (НИИЦемент, Москва).

В сообщении В.К. Классена (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород) на тему «Оптимизация процессов обжига цементного клинкера во вращающихся печах» рассматривался сухой способ производства. Изложены теоретические положения и представлены практические данные по экономии топливно-энергетических ресурсов при обжиге клинкера во вращающихся печах. Отмечена высокая эффективность снижения тепловых потерь в горячей части системы, когда незначительные затраты обеспечивают существенную экономию топлива. Практические решения сводятся к конструктивным изменениям холо-



В.Е. Юрченко (ИПУ РАН)



А.И. Бойкова (Институт химии силикатов РАН им. И.В. Гребенщикова)

дильника, рациональному сжиганию топлива и применению минеральных и органических техногенных продуктов. При реализации полного комплекса технологических и конструктивных решений удельный расход тепла при мокром способе сопоставим с расходом тепла на обжиг клинкера по сухому способу производства.

Оптимизация процесса обжига цементного клинкера предусматривает решение следующих задач: увеличение производительности печи, стойкости футеровки, качества клинкера; снижение удельного расхода топлива, пылеуноса из печи и улучшение экологии окружающей среды. При решении подобного комплекса задач необходимо определить главную, то есть критерий оптимизации. Для этого следует определить зависимости между вышеуказанными параметрами.

Этой же теме были посвящены доклады других специалистов из БГТУ им. В.Г. Шухова: И.Н. Борисова «Использование закономерностей аэродинамических и массообменных процессов при проектировании цепных завес вращающихся печей» и В.М. Коновалова «Сжигание топлива во вращающихся печах».

Об опыте сжигания техногенных отходов во вращающейся печи доложил Ю.А. Бурлов («Подольскцемент»).

Представитель группы «Евроцемент» М.И. Тихонов остановился на важнейшей проблеме технического перевооружения цементных заводов.

Ряд сообщений касался сырьевых материалов. В докладе М.В. Коугия (НИЦ «Гипроцемент-Наука», Санкт-Петербург) обращено внимание на организацию добычи сырья в карьере с целью стабилизации физико-химических и минералогических характеристик сырьевой смеси.

В.Е. Юрченко (ИПУ РАН, Москва) посвятил свой доклад сырью. В нем изложен опыт применения различных моделей залегания сырьевых материалов в карьере в геолого-маркшейдерской технологии «Анкар» на предприятиях стройиндустрии. Отмечено, что важность применения математических моделей месторождений сырья при прогнозировании его качества в потоке на входе в основное производство доказана общемировой практикой. Эффективность такого применения подтверждается при решении как задач оперативного управления производством, так и задач долгосрочного планирования.

К сожалению, в рамках мероприятия не было уделено достаточного внимания методам изучения фазового состава клинкеров. А ведь в конечном счете именно фазовый состав ответствен за качество и свойства цементов.

Доклад В.В. Гайдукова (СИАМС, Екатеринбург) был посвящен проведению петрографического анализа клинкера с использованием программы «Клинкер С-7» автоматической обработки изображения шлифа. Следует отметить, что выступившие в дискуссии специалисты положительно оценили использование такой программы, позволяющей оперативно иметь данные о содержании силикатных фаз в клинкере, прежде всего алита.

В докладе Б.Э. Юдовича (НИИЦемент, Москва) и Л.Г. Бернштейна (НИЦ «Гипроцемент-Наука») также затрагивались проблемы идентификации фаз в клинкерах. Однако упомянутые авторами многие фазы, не являющиеся характерными для качественного клинкера, по-видимому, образуются при нарушении как технологии обжига клинкерной смеси, так и составления исходной смеси.

Неизменный интерес исследователей представляет собой главная цементная силикатная фаза алит — поликомпонентный твердый раствор  $C_3S$  с изоморфными примесями в кристаллической решетке. Практический интерес к этой фазе обусловлен тем фактом, что кристаллизация ее осуществляется из жидкой фазы. Этому вопросу было уделено внимание в докладе З.Б. Энтина и Б.Э. Юдовича (НИИЦемент) «Жидкофазная модель образования алита в спекаемом портландцементном клинкере».



Р.Ф. Рунова (Киевский государственный университет строительства и архитектуры, Украина) в своем выступлении проанализировала специальные свойства шлаковых цементов, подтверждающие долговечность бетонов на их основе



Ведущим специалистам в области цемента всегда интересно поразмышлять над выступлением коллег. В.К. Классен (БГТУ им. В.Г. Шухова) и Т.В. Кузнецова (РХТУ им. Д.И. Менделеева)

Конечному продукту технологических переделов сырьевых материалов — клинкеру, его минералогическому (фазовому) составу, определяющему свойства цемента в целом, посвятила свой доклад Бойкова А.И. В сообщении кратко охарактеризованы основные особенности фазового состава портландцементного, белитового (низкоосновного), белого (маложелезистого) и хлорсодержащих клинкеров. Особое внимание обращено на исследование промышленных клинкеров 18 цементных заводов. При исследовании использовался комплекс методов физико-химического анализа: качественный и количественный рентгеновский метод, кристаллооптический. Все составы определены с помощью химического анализа. Особое внимание было обращено на изучение фаз микрондовым методом, позволяющим определять качественный и количественный химический состав реальных клинкерных фаз.

Доклады, представленные специалистам в рамках научных чтений по цементу, являются актуальными в настоящее время.

Объединение в рамках одного мероприятия научно-технических конференций и выставок по специализированной тематике, близкой по своей направленности, позволяет максимально учесть интересы специалистов — производителей и потребителей вяжущих материалов, способствует созданию рабочей атмосферы, благоприятно отражается на формировании партнерских отношений и деловых связей, чем вызывает неизменно высокий интерес профессионалов.

*А.И. Бойкова  
С.Ю. Горегляд*



**Уважаемый читатель!**

**С этого номера мы открываем новую рубрику «Начинающему автору». Она посвящена тем, кто стоит у истоков своего творческого пути – студентам старших курсов, молодым инженерам и ученым. На протяжении года будут предложены знания и практический опыт научных редакторов и наших коллег ученых, педагогов и производителей.**

**Выполнить исследование – это только часть дела, хотя и самая трудоемкая, которая включает в себя множество задач, требующих одновременного внимания. Квалифицированно и точно сообщить о нем в разных формах и различной целевой аудитории – дело не менее ответственное, благодаря которому результаты работы получат признание и, возможно, коммерческий успех.**

**Цель этих публикаций – помочь описать исследовательскую работу в различных формах (статьи, монографии, а также курсовую или дипломную работу, диссертацию и т. д.), которая не оставит читателя равнодушным и будет полезной.**

## 1. С чего начать

Казалось бы, описание исследовательской работы – это последний этап исследования, но на самом деле он начинается, когда продумывается план работы, вне зависимости от того, насколько этот план проработан в деталях или насколько точно исследователь знает, что он ищет.

План исследования не догма, в процессе работы он совершенствуется, уточняется, детализируется или изменяется полностью, если исследователь обнаруживает что-то более интересное, что направляет его по иному пути. Планирование исследования, подробное ведение записей на всех его этапах – залог успешного описания исследовательской работы.

**Для успешной борьбы за овладение природой нужна своя стратегия и тактика. Здесь, как при сражении, самое важное – это правильное распределение сил по фронту и ясное задание бойцам.**

П.Л. Капица

Для новичков исследования имеют особо ценное значение: приобретаемые навыки будут полезны, когда начнется серьезная самостоятельная работа в выбранной области, независимо от того, будет ли это научная, педагогическая, производственная или управленческая работа. Навыки, приобретенные при проведении исследования, сослужат добрую службу в век информации. Из огромного информационного потока, включающего порой недостоверную или преднамеренно дезориентирующую информацию, получаемого из СМИ, Интернета, а также из малотиражных изданий, «широко распространенных в узких кругах» специалистов, опираясь на полученные знания и умение анализировать, вы сможете выбрать и правильно применить эту информацию.

Ни одно общество не свободно от условностей и устоявшихся мнений. Для любого исследователя главное – умение ставить вопросы. Всем известна легенда о яблоке Ньютона. Яблоки падали и до Ньютона, но он сумел поставить вопрос в широком смысле и сформулировать закон тяготения. И ванна Архимеда, и яблоко Ньютона и изобретение Нобелем динамита, и сотни

других открытий – все это яркие примеры постановки новых и новых вопросов и поиска ответов на них, размышлений и сомнений.

**Когда Эйнштейна спросили, каким образом он открыл теорию относительности, он ответил: «Усомнившись в аксиоме».**

Л. Гулд

Всякий раз, когда исследователь ищет ответ на свой вопрос, он опирается на исследования, выполненные другими учеными, но результатам можно доверять только в том случае, если вы уверены, что исследователи выполнили их добросовестно и сообщили о них точно.

Начав исследование, прежде необходимо найти надежные данные, которые смогут поддержать искомый ответ на поставленный вопрос, а затем все записать.

Исследователи записывают то, что находят, для того, чтобы запомнить. Не очень многие могут запоминать информацию, не записывая ее. Многие исследователи могут планировать и выполнять проекты, только записывая: перечисляя источники, составляя конспекты, ведя лабораторный журнал, составляя планы и т. д. То, что не записано, скорее всего забудется или, что хуже, запомнится неправильно. Вот почему добросовестные исследователи пишут все с самого начала проекта, чтобы максимально сохранить в памяти его большую часть.

Записывают и для того, чтобы систематизировать результаты, мысли, выводы. Когда исследователь организует свои результаты новыми способами, то открываются новые связи, контрасты, сложности и смысл, красота решения. Письменное изложение будит мысль, помогая лучше понять результаты, найти в этом крупные смысловые блоки, выстроить аргументацию.

Кроме того, необходимо перенести мысли из головы на бумагу, где их можно увидеть в более ясном освещении печатного слова, которое всегда ярче. Почти все мы считаем свои идеи более согласованными в голове, чем они предстают перед нами на бумаге.

Проведение экспериментальных исследований, соответствующих современному развитию методики и методологии, практически невозможно в одиночку.

В настоящее время в условиях возрастающей дифференциации знания прогресс науки, ее успехи определяются уже не деятельностью ученых-одиночек, время которых безвозвратно ушло в прошлое, а работой больших научных коллективов. Молодому ученому, инженеру, придается начинать свою исследовательскую работу в творческом коллективе специалистов и ученых различных областей, объединенных руководителем. Обмен информацией между участниками исследовательского проекта, ее обсуждение, дополнение результатами работы коллег — залог успешного проведения исследования.

Письменное изложение — это важная часть процесса мышления, понимания и обучения. Однако при написании статьи или другого научного отчета надо выполнять требования, установленные исследовательским сообществом, с которыми начинающего может познакомить научный руководитель. Научный руководитель — это координатор работы, ее вдохновитель и мудрый советчик.

Написание статьи — это не только мышление на бумаге, но и публичный этап завершения исследования или его части, который должен учитывать интересы читателей. Идеи, когда записываются на бумаге, подвергаются автором критическому анализу, в котором они нуждаются. Успех исследования зависит от того, каким образом оно найдет воплощение в печатном слове. От этого многое зависит: можно придать ему четкость и законченность и даже своеобразную красоту, а можно при известной небрежности загубить то ценное, которое в нем есть. Надо, чтобы все преимущества вашего исследования другие понимали так же точно, как вы. Хорошо написанная статья позволяет изучить, развить, объединить и понять идеи автора более полно.

Благодаря способностям кратко и ясно излагать свои мысли только что избранный адъюнктом Парижской академии наук 25-летний А.Л. Лавуазье (1743—1794) был назначен секретарем нескольких ученых комиссий. Доклады, которые составлял А.Л. Лавуазье о работе этих комиссий, отличались исключительной ясностью и точностью и высоко ценились академиками.

**Познавать, открывать, опубликовать — вот судьба ученого.**

Ф.Д. Араго

При опубликовании статьи выполняются две задачи — создание отношений с читателем (функция автора) и суждение об авторе и его работе (функция читателя). Каждый исследователь в процессе работы ведет обе роли: читая источники, выносит суждение об их авторах и достоверности информации, публикуя статью, создает отношение с читателем.

Создание отношений с читателем — это прежде всего правильное определение читательской аудитории и соответственно периодического издания, в котором будет опубликована статья. Если автор верно определил читателей, то они вынесут о нем благоприятное суждение, его идеи будут поддержаны и развиты.

**Взявшись писать, выбирайте себе задачу по силам, Прежде прикиньте в уме, что смогут вынести плечи, Что не поднимут они. Кто выбрал посильную тему, Тот обретет и красивую речь, и ясный порядок.**

Гораций  
(Пер. М. Гаспарова)

*Чтобы правильно определить читательскую аудиторию, надо ответить на следующие вопросы:*

— кто будет читать статью — специалисты, либо обычные, но хорошо информированные читатели, либо

те, которые ничего не знают о данной теме;

- с какой целью пишется статья — чтобы сообщить читателю новые фактические сведения; помочь понять что-то лучше; помочь решить практическую проблему или привлечь партнеров к своей работе;
- какова должна быть квалификация читателей;
- как читатели отнесутся к решению (ответу) в главном утверждении автора — противоречит ли это тому, что им известно, знают ли они какие-либо стандартные аргументы против предлагаемого решения.



Третьей, как правило, доброжелательной стороной во взаимоотношениях автора и читателя, является редакция издания, в которое направляется статья. Разные редакции имеют свои, сложившиеся годами или же новаторские требования к авторским рукописям, но тем не менее все они руководствуются существующей нормативно-технической документацией.

**ГОСТ 7.60-90 «Издания. Основные виды. Термины и определения».**

**ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов».**

**ОСТ 29.115-88 «Оригиналы авторские и текстовые издательские. Общие технические требования».**

Готовя статью к публикации в определенном издании, прежде всего необходимо ознакомиться с теми техническими требованиями, которые предъявляются изданием к рукописям. Традиционным способом получения такой информации является просмотр годовой подшивки журнала. Ряд изданий имеет такую информацию в каждом номере, некоторые только в первом или последнем или подают ее по другому принципу. Учитывая современное развитие коммуникационных технологий, для получения такой информации можно обратиться на сайт журнала, где есть страничка для авторов.

**Официальный сайт научно-технического и производственного журнала «Строительные материалы»®**  
[www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)

**Адрес странички для авторов:**  
[www.rifsm.ru/avtoram.php](http://www.rifsm.ru/avtoram.php)

Требования журналов к направляемым для публикации рукописям продиктованы технологией производства издательских и печатных работ и являются составной частью технологического регламента.

При подготовке статьи автор должен понимать, что соблюдение технических требований к рукописям так же обязательно, как соблюдение правил техники безопасности при проведении тех или иных видов работ.

Тем читателям, кого эта публикация заинтересовала, сообщаем, что в следующий раз мы расскажем, как пройти в библиотеку.

# Деревянное домостроение–2005



Дерево – традиционный материал, из которого испокон веков строили жилье на Руси. Сегодня оно переживает второе рождение. Современное домостроение – это современные технические и строительные новшества и компьютерные технологии. Эти новации были представлены на 3-й Международной специализированной выставке «Деревянное домостроение / Holzhaus – 2005». Это мероприятие, организованное выставочным холдингом MVK и Российской ассоциацией производителей и потребителей деревянных клееных конструкций (РАДеКК) при поддержке Федерального агентства по строительству и ЖКХ (Росстрой), Союза лесопромышленников и лесозаготовителей России, ОАО «Центрлесэксп», прошло в Москве в Культурно-выставочном центре «Сокольники» с 7 по 11 декабря 2005 г.

Деревянное домостроение в России имеет большой потенциал развития. Возобновляемые лесные ресурсы страны используются только на четверть, а спрос в жилищном строительстве превышает предложение в 2,5 раза. Сегодня на долю деревянных домов приходится не более 15% всего вводимого в эксплуатацию жилья – в 5 раз меньше, чем в странах Европы, в США и Канаде.

Наряду с домами, возводимыми по традиционной ручной технологии, были представлены последние достижения производителей деревянных конструкций: проекты, технологии, материалы и готовые дома, а также широкий спектр продукции и услуг компаний – мировых лидеров, занимающихся не только проектированием и строительством деревянных домов, но и производством комплектующих.

К современным технологиям относится строительство из клееного бруса. Индустрия производства клееных деревянных конструкций России – одна из передовых в мире. Она имеет большую историю и еще большие перспективы. За счет высоких прочностных характеристик клееный брус позволяет конструировать и строить дома большей площади с меньшим количеством несущих стен и перекрытий, что соответственно дает возможность создавать как простые и недорогие дома, так и эксклюзивные проекты. По этой технологии работают многие российские фирмы: «Интервест», «Истра Ламбер», «Рощинский дом», «Русский запад» (Москва), «Клест Док» (Ярославская обл.), «Лотос ПКП» (Киров). Широкое распространение получает канадская технология каркасного строительства – EcoPan®, которая используется при строительстве коттеджей, кемпингов, турбаз, складов, реконструкции старых зданий и т. п. Этот способ не требует применения тяжелой грузоподъемной техники. При необходимости готовые здания можно разобрать и смон-

тировать на другом месте. Панель состоит из двух ориентированных стружечных плит (ОСП), между которыми в качестве утеплителя под давлением приклеивается слой твердого пенополистирола (ППС) разных толщин. Благодаря использованию ОСП и ППС панели EcoPan® обладают уникальными свойствами и позволяют реализовывать различные архитектурные решения.

Отдельное место в экспозиции выставки заняли компании, представившие специальное оборудование для лесопереработки и деревообработки – как отдельные станки, так и целые комплексы для малоэтажного строительства.

Немаловажным фактором в деревянном домостроении является защита конструкций. Эффективный способ сохранения древесного материала – обработка его антисептиками. На выставке были представлены различные антисептические составы. Например, серия «Древесный лекарь», разработанная фирмой «Ловин – огнезащита» (Москва), обладает бактерицидными, фунгицидными свойствами и обеспечивает биологическую защиту всех сортов древесины не менее 10 лет. Составы этой серии уничтожают плесень и грибы не только с дерева, но и с кирпича, бетона, штукатурки, ткани и других поверхностей. Огнебиозащитный состав для древесины «КСД-А» той же фирмы переводит древесину в категорию трудногорючих материалов, снижая в 4 раза массовую скорость выгорания древесины и в 2,5 раза дымообразование. Подобные защитные материалы представили также компании «Лакра» (Московская обл.), «НПП Рогнеда», «Сенеж – препараты» (Москва).

Актуальные вопросы отрасли специалисты смогли обсудить в рамках деловой программы выставки. Было проведено несколько конференций: «Деревянное домостроение в системе технического регулирования», «Деревянные клееные конструкции в архитектуре и строительстве» и др.

В выставке приняли участие 177 компаний, было представлено 11 регионов Российской Федерации и 5 зарубежных стран – Белоруссия, Германия, Италия, Финляндия и Франция. Экспозицию посетили около 13 тыс. человек.

Выставка стремительно завоевывает популярность, поэтому по многочисленным просьбам как участников, так и посетителей она будет проходить теперь дважды в год на новой площадке – МВЦ «Крокус-Экспо» осенью – самостоятельно, а весной – одновременно с международными специализированными выставками «Евроэкспомебель», «Интеркомплект/INTERZUM MOSCOW» и INTERBASS в рамках новой концепции выставочного холдинга MVK «Дом. В доме. Рядом с домом», которая будет представлена с 16 по 20 мая 2006 г.

